

Docket No.: 65326-029

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Yasushi SASA, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 09, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For:		DEFECT INSPECTION APPARATUS, DEFECT INSPECTION METHOD AND PROGRAM

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

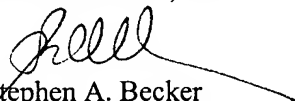
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-294851, filed October 8, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Stephen A. Becker  
Registration No. 26,527

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 SAB:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: September 9, 2003**

65326-029  
SASA et al.  
September 9, 2003

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年10月 8日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-294851

[ST.10/C]:

[JP2002-294851]

出 願 人

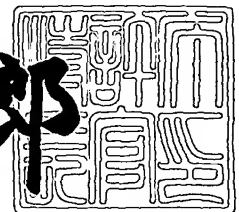
Applicant(s):

大日本スクリーン製造株式会社

2003年 6月 2日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3041995

【書類名】 特許願

【整理番号】 006P0051

【提出日】 平成14年10月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1  
番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 佐々 泰志

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1  
番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社内

【氏名】 大西 浩之

【特許出願人】

【識別番号】 000207551

【氏名又は名称】 大日本スクリーン製造株式会社

【代理人】

【識別番号】 100110847

【弁理士】

【氏名又は名称】 松阪 正弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 136468

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0107099

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 欠陥検査装置、欠陥検査方法およびプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物上のパターンを検査する欠陥検査装置であって、  
対象物を撮像して多階調の被検査画像のデータを取得する撮像部と、  
参照画像のデータを記憶する記憶部と、  
欠陥検出において注目する複数の注目画素値における任意の画素値の差を強調  
する変換特性を求める手段と、  
前記変換特性に基づいて前記被検査画像と前記参照画像との強調差分画像を求  
める手段と、  
前記強調差分画像に基づいて検査を行う手段と、  
を備えることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の欠陥検査装置であって、  
前記強調差分画像を求める手段が、前記変換特性に基づいて前記被検査画像お  
よび前記参照画像を変換し、変換後の被検査画像と変換後の参照画像との差分画  
像を前記強調差分画像として求めることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の欠陥検査装置であって、  
前記変換特性が、前記被検査画像または前記参照画像の画素値に基づいて決定  
されることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の欠陥検査装置であって、  
前記複数の注目画素値が、画像中の 2 つの領域に対応する代表画素値の間に位  
置することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の欠陥検査装置であって、  
前記代表画素値のそれぞれが、領域に属する画素の値の平均値であることを特  
徴とする欠陥検査装置。

【請求項 6】 請求項 3 に記載の欠陥検査装置であって、  
前記複数の注目画素値が、画像中の特定の領域に対応する画素値範囲の外に位  
置することを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の欠陥検査装置であって、

前記特定の領域に対応する画素値範囲が、前記特定の領域に属する画素の値の標準偏差に基づいて決定されることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって

、  
前記複数の注目画素値を含む注目画素値範囲を設定する手段をさらに備えることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の欠陥検査装置であって、

前記注目画素値範囲を設定する手段が、操作者による前記注目画素値範囲の入力を受け付けることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、

前記変換特性が、前記被検査画像から求められた被検査画像用変換特性と、前記参照画像から求められた参照画像用変換特性とを含むことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、

前記検査を行う手段が、前記被検査画像と前記参照画像との差分画像と、前記強調差分画像とを合成し、合成後の画像の各画素の値と所定のしきい値とを比較することにより検査を行うことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、

前記撮像部により取得された画像を分割して得られる複数の画像のそれぞれが、前記被検査画像であることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 13】 対象物上のパターンを検査する欠陥検査方法であって、  
参照画像のデータを準備する工程と、  
対象物を撮像して多階調の被検査画像のデータを取得する工程と、  
欠陥検出において注目する複数の注目画素値における任意の画素値の差を強調する変換特性を求める工程と、

前記変換特性に基づいて前記参照画像と前記被検査画像との強調差分画像を求

める工程と、

前記強調差分画像に基づいて検査を行う工程と、

を有することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 1 4】 パターンの検査をコンピュータに実行させるプログラムであって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、

参照画像のデータを準備する工程と、

多階調の被検査画像のデータを準備する工程と、

欠陥検出において注目する複数の注目画素値における任意の画素値の差を強調する変換特性を求める工程と、

前記変換特性に基づいて前記参照画像と前記被検査画像との強調差分画像を求める工程と、

前記強調差分画像に基づいて検査を行う工程と、

を実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、対象物上のパターンの検査を行う技術に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体基板、カラーフィルタ、シャドウマスク、高精細プリント配線基板等に形成されたパターン、リードフレームのパターン、あるいは、これらのパターンを形成するためのフォトマスクのパターン等を外観検査する分野において、従来より主として多値画像による比較検査方式が用いられている。例えば、被検査画像と参照画像との画素値の差の絶対値を示す差分絶対値画像を求め、差分絶対値画像において所定のしきい値よりも大きな画素値を有する領域が欠陥として検出される。

【 0 0 0 3 】

また、比較検査方式では被検査画像と参照画像のダイナミックレンジや明るさ等の条件が等しいことが前提となるため、ダイナミックレンジや明るさ等の変動

の影響を取り除くために、各画像の画素値が所定の範囲に適正に分布するように画素値分布を線形変換して正規化した上で欠陥の判定を行う手法も実施されている。

## 【 0 0 0 4 】

さらに、被検査画像と参照画像との画素値の符号付差分の標準偏差を算出し、標準偏差に基づいて差分絶対値画像のヒストグラムを正規化して画像の鮮鋭度の変動（すなわち、粒状性の変動）の影響を取り除く手法も提案されている（特許文献 1 参照）。

## 【 0 0 0 5 】

## 【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 2 2 4 2 1 号公報

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところが、撮像する対象物の表面状態や撮像部の影響（例えば、SEM のように電子ビームを用いて撮像した画像に見られるような、チャージアップ現象）等により、差分絶対値画像の一部の領域において欠陥箇所と同程度に画素値が大きくなってしまふことがある。差分絶対値画像における不必要な画素値の増大は、数画素からなる非常に局所的な領域において発生することも多く、この場合、従来のような巨視的な手法による画素値の修正では適切に欠陥を検出することができない。

## 【 0 0 0 7 】

例えば、1 0 0 × 1 0 0 画素程度の領域において被検査画像と参照画像とのダイナミックレンジを合わせた場合、この領域全体に一様に生じる画素値の変動の影響を取り除くことができるが、チャージアップ現象等により数画素程度の領域に生じた画素値の変動は依然欠陥として誤検出されることとなる。

## 【 0 0 0 8 】

図 1 はチャージアップ現象により欠陥が誤検出される様子を説明するための図である。図 1 中の被検査画像 9 1 においてライン 9 1 1 における画素の理想的な値（例えば、参照画像中での値）がグラフ 9 2 1 にて示される場合に、実際の画

素値がグラフ 9 2 2 にて示されるものとする、差分絶対値画像では画素値はグラフ 9 2 3 に示すものとなる。

【 0 0 0 9 】

ここで、グラフ 9 2 2 中の符号 9 2 2 a にて示すように欠陥により画素値が理想的な値からずれている場合にはグラフ 9 2 3 において符号 9 2 3 a にて示すように差分絶対値画像における画素値が大きくなり、欠陥が検出されることとなる。ところが、グラフ 9 2 2 中の符号 9 2 2 b にて示すようにチャージアップ現象により数画素の値が理想的な値からずれている場合、グラフ 9 2 3 中の符号 9 2 3 b にて示すように欠陥が誤検出されることとなる。このような局所的な誤検出は従来防止することはできなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、欠陥をより適切に検出することができる技術を提供することを目的としている。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明は、対象物上のパターンを検査する欠陥検査装置であって、対象物を撮像して多階調の被検査画像のデータを取得する撮像部と、参照画像のデータを記憶する記憶部と、欠陥検出において注目する複数の注目画素値における任意の画素値の差を強調する変換特性を求める手段と、前記変換特性に基づいて前記被検査画像と前記参照画像との強調差分画像を求める手段と、前記強調差分画像に基づいて検査を行う手段とを備える。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の欠陥検査装置であって、前記強調差分画像を求める手段が、前記変換特性に基づいて前記被検査画像および前記参照画像を変換し、変換後の被検査画像と変換後の参照画像との差分画像を前記強調差分画像として求める。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 に記載の欠陥検査装置であって、前記変換特性が、前記被検査画像または前記参照画像の画素値に基づいて決定さ



れる。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の欠陥検査装置であって、前記複数の注目画素値が、画像中の 2 つの領域に対応する代表画素値の間に位置する。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 4 に記載の欠陥検査装置であって、前記代表画素値のそれぞれが、領域に属する画素の値の平均値である。

【 0 0 1 6 】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 3 に記載の欠陥検査装置であって、前記複数の注目画素値が、画像中の特定の領域に対応する画素値範囲の外に位置する。

【 0 0 1 7 】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 6 に記載の欠陥検査装置であって、前記特定の領域に対応する画素値範囲が、前記特定の領域に属する画素の値の標準偏差に基づいて決定される。

【 0 0 1 8 】

請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、前記複数の注目画素値を含む注目画素値範囲を設定する手段をさらに備える。

【 0 0 1 9 】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 8 に記載の欠陥検査装置であって、前記注目画素値範囲を設定する手段が、操作者による前記注目画素値範囲の入力を受け付ける。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 0 に記載の発明は、請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、前記変換特性が、前記被検査画像から求められた被検査画像用変換特性と、前記参照画像から求められた参照画像用変換特性とを含む。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 1 に記載の発明は、請求項 1 ないし 1 0 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、前記検査を行う手段が、前記被検査画像と前記参照画像との差分

画像と、前記強調差分画像とを合成し、合成後の画像の各画素の値と所定のしきい値とを比較することにより検査を行う。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 2 に記載の発明は、請求項 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の欠陥検査装置であって、前記撮像部により取得された画像を分割して得られる複数の画像のそれぞれが、前記被検査画像である。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 3 に記載の発明は、対象物上のパターンを検査する欠陥検査方法であって、参照画像のデータを準備する工程と、対象物を撮像して多階調の被検査画像のデータを取得する工程と、欠陥検出において注目する複数の注目画素値における任意の画素値の差を強調する変換特性を求める工程と、前記変換特性に基づいて前記参照画像と前記被検査画像との強調差分画像を求める工程と、前記強調差分画像に基づいて検査を行う工程とを有する。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 4 に記載の発明は、パターンの検査をコンピュータに実行させるプログラムであって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、参照画像のデータを準備する工程と、多階調の被検査画像のデータを準備する工程と、欠陥検出において注目する複数の注目画素値における任意の画素値の差を強調する変換特性を求める工程と、前記変換特性に基づいて前記参照画像と前記被検査画像との強調差分画像を求める工程と、前記強調差分画像に基づいて検査を行う工程とを実行させる。

【 0 0 2 5 】

【発明の実施の形態】

図 2 は本発明の一の実施の形態に係る検査装置 1 の構成を示す図である。検査装置 1 は、半導体基板（以下、「基板」という。）9 上のパターンを検査する装置であり、基板 9 上の所定の領域を撮像して多階調の対象物画像のデータを取得する撮像部 2、基板 9 を保持するステージ 3、および、撮像部 2 に対してステージ 3 を相対的に移動するステージ駆動部 3 1 を有する。

【 0 0 2 6 】

撮像部 2 は、照明光を出射する照明部 2 1、基板 9 に照明光を導くとともに基板 9 からの光が入射する光学系 2 2、および、光学系 2 2 により結像された基板 9 の像を電気信号に変換する撮像デバイス 2 3 を有する。なお、この撮像部 2 は、電子ビームを用いた撮像装置でも良い。ステージ駆動部 3 1 はステージ 3 を図 2 中の X 方向に移動する X 方向移動機構 3 2、および、Y 方向に移動する Y 方向移動機構 3 3 を有する。X 方向移動機構 3 2 はモータ 3 2 1 にボールねじ（図示省略）が接続され、モータ 3 2 1 が回転することにより、Y 方向移動機構 3 3 がガイドレール 3 2 2 に沿って図 2 中の X 方向に移動する。Y 方向移動機構 3 3 も X 方向移動機構 3 2 と同様の構成となっており、モータ 3 3 1 が回転するとボールねじ（図示省略）によりステージ 3 がガイドレール 3 3 2 に沿って Y 方向に移動する。

## 【 0 0 2 7 】

検査装置 1 は、各種演算処理を行う CPU や各種情報を記憶するメモリ等により構成されたコンピュータ 5 をさらに有する。コンピュータ 5 は、欠陥の判定を行うとともに検査装置 1 の他の構成を制御する制御部としての役割を担う。

## 【 0 0 2 8 】

図 3 はコンピュータ 5 の構成を示すブロック図である。コンピュータ 5 は、各種演算処理を行う CPU 5 1、基本プログラムを記憶する ROM 5 2 および各種情報を記憶する RAM 5 3 をバスラインに接続した一般的なコンピュータシステムの構成となっている。バスラインにはさらに、情報記憶を行う固定ディスク 5 4、画像等の各種情報の表示を行うディスプレイ 5 5、操作者からの入力を受け付けるキーボード 5 6 a およびマウス 5 6 b、光ディスク、磁気ディスク、光磁気ディスク等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体 8 から情報の読み取りを行う読取装置 5 7、並びに、検査装置 1 の他の構成との間で信号を送受信する通信部 5 8 が、適宜、インターフェイス（I/F）を介する等して接続される。

## 【 0 0 2 9 】

コンピュータ 5 には、事前に読取装置 5 7 を介して記録媒体 8 からプログラム 8 0 が読み出され、固定ディスク 5 4 に記憶される。そして、プログラム 8 0 が RAM 5 3 にコピーされるとともに CPU 5 1 が RAM 5 3 内のプログラムに従

って演算処理を実行することにより（すなわち、コンピュータがプログラムを実行することにより）、コンピュータ 5 が欠陥の検出に係る動作を行う。

#### 【0030】

図 4 はコンピュータ 5 により実現される機能構成を示す図である。図 4 において、入力部 5 6 は図 3 中のキーボード 5 6 a またはマウス 5 6 b に対応し、画像メモリ 5 3 1 およびメモリ 5 3 2 は図 3 中の RAM 5 3 に対応する。なお、画像メモリ 5 3 1 はコンピュータ 5 に別途取り付けられた専用のメモリであってもよい。

#### 【0031】

範囲設定部 5 0 1、LUT（ルックアップテーブル）作成部 5 0 2、画像変換部 5 0 3、減算部 5 0 4、比較部 5 0 5 および表示制御部 5 0 6 は CPU 5 1 がプログラム 8 0 に従って演算処理を行うことにより、CPU 5 1、RAM 5 3、および、その他の周辺回路により実現される機能を示している。以下、図 2 ないし図 4 を参照しながら検査装置 1 の動作について説明する。

#### 【0032】

図 5 は検査装置 1 の動作の流れを示す図である。検査装置 1 では、まず、コンピュータ 5 がステージ駆動部 3 1 を制御して撮像部 2 の撮像位置を基板 9 上の所定の位置へと相対的に移動し、撮像部 2 により多階調（例えば、8 ビットならば 2 5 6 階調）の対象物画像のデータが取得される。撮像（プリスキャン）は、欠陥が存在しないと想定される領域に対して行われ、取得されたデータは画像メモリ 5 3 1 に参照画像データ 6 0 1 として記憶されて準備される（ステップ S 1 1）。

#### 【0033】

次に、範囲設定部 5 0 1 により、欠陥検出の際に注目する画素値の範囲（以下、「注目画素値範囲」という。）の設定が行われる（ステップ S 1 2）。注目画素値範囲の技術的な意義については後述する。注目画素値範囲の設定は、操作者により手作業にて行われるか、自動で行われるか予め設定されている。

#### 【0034】

注目画素値範囲の設定が手作業にて行われる場合、まず、範囲設定部 5 0 1 が

参照画像データ601を取得し、参照画像の画素値のヒストグラムを生成してディスプレイ55に表示する。図6はヒストグラム62aを例示する図である。ヒストグラム62aのように極大値が2つ存在する（以下、「双峰性を有する」という。）場合、中央の極小値近傍の範囲が注目画素値範囲63として操作者により設定される。設定は入力部56が操作者の操作を受け付けることにより範囲設定部501により行われる。参照画像が2種類の領域（例えば、基板9上の配線パターンの領域とその他の背景領域）を有する場合は、各領域から得られると想定される画素値の範囲の間の範囲が注目画素値範囲63として設定される。手動にて設定される場合は、操作者の意図通りに注目画素値範囲63が設定されることとなる。

## 【0035】

注目画素値範囲の設定が自動にて行われる場合には、例えば、図6に示す双峰性を有するヒストグラム62aに対して、各ピーク近傍の平均値およびピーク近傍の分布の標準偏差 $\sigma$ が求められ、各ピークの平均値を中心とする（ $\pm\sigma$ ）の範囲641, 642の間が注目画素値範囲63として決定される。なお、範囲641, 642は、参照画像が2種類の領域を有する場合は、各領域から得られる画素値の範囲に対応する。また、標準偏差を利用することによりこれらの領域に対応する画素値範囲を適切に決定することができる。

## 【0036】

一方、図7に示すヒストグラム62bのように双峰性がみられない（または、コントラストが小さい）場合には、まず、しきい値THが設定され、しきい値THの両側の所定の範囲651, 652に属する画素の値の平均値AV1, AV2が求められる。そして、平均値AV1と平均値AV2の間が注目画素値範囲63として決定される。なお、範囲651, 652は、参照画像が2種類の領域（例えば、基板9上の配線パターンの領域とその他の背景領域）を有する場合は、各領域から得られると想定される画素値の範囲とされる。すなわち、平均値AV1, AV2は、各領域に属する画素の値の平均値に相当する。平均値AV1, AV2に代えて中間値等の他の代表値が用いられてもよい。

## 【0037】

しきい値  $TH_1$  を設定する手法としては、多値画像の2値化の際にしきい値を設定する手法やその他の様々な手法が採用されてよい。例えば、大津展之による「判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法」(電子通信学会論文誌'80/4 vol. J63-D No. 4 349-356頁)に開示された手法が利用可能である。この手法では、しきい値の適切さを評価する値として、クラス(しきい値により分離される画素値群)内分散およびクラス間分散に基づくクラス分離度を採用し、クラス分離度が最大となるようにしきい値が求められる。この手法により、画像を2つの領域に分ける際に、画素値のヒストグラムが双峰性を有しない場合であってもノンパラメトリックに最適なしきい値を安定して求めることができる。

## 【0038】

また、しきい値  $TH$  を設定する手法としては、ある観測値(画素値)がいずれの領域(参照画像中の複数の領域のいずれの領域)に属するかを示す曖昧度を定義し、最悪の分布(すなわち、正規分布)に対して曖昧度を最小にするという指針に基づいてしきい値を設定する Kittler の方法も知られている。もちろん、しきい値  $TH$  を設定する手法として他の様々な手法が利用可能である。

## 【0039】

注目画素値範囲63が設定されると、次に、LUT作成部502により画像を変換するためのLUT(ルックアップテーブル)が求められる(ステップS13)。具体的には、図6および図7中に符号71にて示される変換曲線に相当するLUTが求められる。求められたLUT61は図4に示すように画像変換部503のメモリに格納される。変換曲線71に対しては横軸および縦軸は画素値に対応する。すなわち、変換曲線71により、横軸上のある画素値(例えば、0~255のいずれかの値)が縦軸上の画素値(0~255の範囲内の値であってもよく、さらに階調の多い範囲内の値であってもよい。)へと変換される。

## 【0040】

変換曲線71は、注目画素値範囲63において他の画素値範囲よりも傾斜が大きくされる。その結果、変換曲線71による変換特性により、注目画素値範囲63における任意の2つの画素値の差が強調される(換言すれば、注目画素値範囲

6 3 における 2 つの画素値の差が、他の画素値範囲における 2 つの画素値の差に対して相対的に拡大される。) こととなる。なお、一方の画素値が注目画素値範囲 6 3 に含まれ、他方の画素値が注目画素値範囲 6 3 に含まれない場合には、双方の画素値が注目画素値範囲 6 3 に含まれない場合に比べて相対的に画素値の差がある程度強調される。

## 【 0 0 4 1 】

画像変換部 5 0 3 は、L U T 6 1 を用いて参照画像の各画素の値を変換し、変換済参照画像を生成して変換済参照画像データ 6 0 2 として画像メモリ 5 3 1 に保存する (ステップ S 1 4)。以上の処理により、基板 9 上のパターンを検査する準備が完了する。

## 【 0 0 4 2 】

次に、検査装置 1 は、撮像部 2 の真下に基板 9 上の検査の対象となる領域を移動して撮像を行い、撮像部 2 が被検査画像のデータを取得する (ステップ S 1 5)。なお、基板 9 上には同様のパターンが形成された複数のブロックが存在し、1 つのブロック内の特定のパターンの画像が参照画像として取得され、他のブロック内の同様のパターン (すなわち、参照画像に対応する領域) の画像が被検査画像として取得される。

## 【 0 0 4 3 】

被検査画像の画素値は順次画像変換部 5 0 3 へと入力され、被検査画像の各画素の値が L U T 6 1 により変換されて減算部 5 0 4 へと出力される。これにより、実質的に変換済被検査画像のデータが求められる (ステップ S 1 6)。

## 【 0 0 4 4 】

変換済被検査画像の画素値が減算部 5 0 4 に入力されると同時に、画像メモリ 5 3 1 から変換済参照画像の対応する画素値が入力され、減算部 5 0 4 にて両画素値の差分絶対値が求められる。これにより、実質的に減算部 5 0 4 にて変換済被検査画像と変換済参照画像との差分絶対値画像 (以下、「強調差分画像」という。) が求められることとなる (ステップ S 1 7)。

## 【 0 0 4 5 】

減算部 5 0 4 にて求められた差分絶対値は比較部 5 0 5 にて所定のしきい値と

比較され（ステップ S 1 8）、差分絶対値がしきい値よりも小さい場合には被検査画像中の対応する画素が非欠陥を示すと判定され、しきい値よりも大きい場合には被検査画像中の対応する画素が欠陥を示すと判定される。被検査画像全体に対応する比較結果の集合は検査結果データ 6 0 3 としてメモリ 5 3 2 に記憶される。検査結果データ 6 0 3 は必要に応じて表示制御部 5 0 6 を介してディスプレイ 5 5 上に 2 値画像として表示され（ステップ S 1 9）、操作者により欠陥の有無が確認される。

## 【 0 0 4 6 】

以上のように、検査装置 1 では被検査画像および参照画像に対して L U T 6 1 による変換を施し、変換後の両画像の差分絶対値画像を用いて検査が行われる。ここで、既述のように L U T 6 1 は注目画素値範囲における任意の 2 つの画素値の差を強調する変換を行うため、被検査画像中のある位置の画素の値と参照画像中の対応する画素の値とが注目画素値範囲に含まれる場合には、これらの画素値の差が強調される（これらの画素値が注目画素値範囲外である場合に比べて相対的に強調される）こととなる。

## 【 0 0 4 7 】

注目画素値範囲は、参照画像が 2 種類の領域、例えば、基板 9 上の配線パターンの領域とその他の背景領域とを有する場合は、少なくとも、各領域に対応する画素値の代表値（最も好ましい代表値は容易に求めることができる平均値である。）の間に位置する（図 6 の場合は、各領域から得られる画素値範囲の間の画素値範囲に対応するが、この画素値範囲も代表値の間に位置する）ことから、L U T 6 1 による変換により、実質的に 2 種類の領域のいずれに属するか不明である（あるいは、いずれかの領域に属する可能性が相対的に低い）画素に対して強調差分画像での画素値が強調されることとなる。

## 【 0 0 4 8 】

以上の処理により、例えば、撮像部 2 のチャージアップ現象程度の画素値の変動では被検査画像中の画素値が注目画素値範囲 6 3 に含まれないように注目画素値範囲 6 3 を設定することにより、チャージアップ現象により生じた強調差分画像中の画素値を欠陥により生じた画素値よりも相対的に小さくすることができる



。その結果、欠陥により生じた被検査画像と参照画像との画素値の差を強調することができ、強調差分画像の画素値を所定のしきい値と比較することにより適切に欠陥を検出することが実現される。

## 【 0 0 4 9 】

なお、注目画素値範囲を、参照画像中の2つの領域から得られる画素値範囲の代表値の間に含まれる画素値範囲とすることにより、LUTによる変換は、領域内（例えば、配線パターン領域内または背景領域内）の画素値のばらつきを（いずれの領域に属するか不明な画素値に対して）相対的に減少させる、あるいは、2つの領域における画素値の平均値の差（さらに換言すれば、領域間の画素値のおよその差）を増大させる変換であると捉えることもできる。その結果、強調差分画像において領域間の画素値の差分を強調する（もしくは、領域内の画素値の差分を減少させる、または、領域間の画素値の差分を強調しつつ領域内の画素値の差分を減少させる）ことが実現される。

## 【 0 0 5 0 】

また、図7に示す場合のように、参照画像（後述のように被検査画像でもよい）からノンパラメトリックに領域分割用のしきい値を求めることにより、欠陥と非欠陥とにおける画素値の差が小さい場合（画像のコントラストが小さい場合）であっても適切に欠陥検出を行うことができる。

## 【 0 0 5 1 】

図8は注目画素値範囲の他の例を示す図である。図8は図6と同様の参照画像の画素値のヒストグラム62aに対して、度数がある程度存在する画素値範囲よりも大きな画素値の範囲が注目画素値範囲63として設定される様子を示している。参照画像が2種類の領域（例えば、配線パターン領域とその他の背景領域）を有する場合は、各領域から得られる画素値範囲641、642よりも大きな画素値の範囲が注目画素値範囲63として設定される。この場合においても、注目画素値範囲63は操作者による手作業にて設定されてもよく、各ピークの平均値や標準偏差に基づいて自動的に設定されてもよい。

## 【 0 0 5 2 】

そして、符号72にて示すように、注目画素値範囲63における任意の2つの

画素値の差を強調する変換曲線（すなわち、LUT61）が求められる。変換曲線72により、ある位置において通常の画素値よりも極端に大きな画素値が被検査画像に存在する場合、強調差分画像においてこの位置の画素値が強調され、欠陥として容易に検出されることとなる。例えば、基板9上の特定の反射率を有する異物欠陥により照明光が異常に反射されて被検査画像において画素値が大きくなってしまう場合に欠陥が容易に検出されることとなる。

## 【0053】

なお、極端に画素値が大きくなる欠陥を検出することを目的として範囲642は大きく設定されることが好ましい。例えば、画素値が大きい方のピーク近傍の平均値にこのピークに対応する標準偏差 $\sigma$ の3倍を加算した値以上の範囲が注目画素値範囲63として設定されてよい。標準偏差を利用することにより、特定の領域（例えば、配線パターン領域）に対応する画素値範囲642を適切に求めることができ、注目画素値範囲63をこの画素値範囲642の外に容易に（すなわち、一定の基準に基づいて）位置させることができる。

## 【0054】

以上のように、注目画素値範囲は被検査画像（または参照画像）中において欠陥が検出されるべき画素値の範囲として設定される。検出すべき欠陥の種類に応じて注目画素値範囲が設定されることにより、様々な欠陥を精度よく検出することが実現される。

## 【0055】

図9はコンピュータ5がプログラム80に従って動作することにより実現される機能の他の例を示す図である。なお、減算部504よりも下流の機能構成は図4と同様であり、図4と同様の機能には同符号を付している。図10は図9に示すコンピュータ5の動作の流れを示す図である。

## 【0056】

図9に示すコンピュータ5を有する検査装置1では、まず、撮像部2により基板9上の一のブロックの所定領域が撮像されて参照画像データ601が画像メモリ531に記憶され（ステップS21）、続いて、基板9が移動して基板9上の他のブロックの所定領域が撮像されて被検査画像データ611が画像メモリ53

1に記憶される（ステップS22）。

【0057】

範囲設定部501では、参照画像および被検査画像のヒストグラムが求められ、参照画像のヒストグラムに基づいて参照画像用の注目画素値範囲が設定され、被検査画像のヒストグラムに基づいて被検査画像用の注目画素値範囲が設定される（ステップS23）。なお、注目画素値範囲は手動にて設定されてもよく、自動で設定されてもよい。自動にて設定される場合の手法（アルゴリズム）は、参照画像および被検査画像に対して同様である。

【0058】

次に、LUT作成部502が、参照画像データ601に基づいて参照画像用LUT61aを生成し（ステップS24）、被検査画像データ611に基づいて被検査画像用LUT61bを生成する（ステップS25）。そして、生成された2つのLUT61a、61bは画像変換部503に記憶される。なお、被検査画像用LUT61bは被検査画像用の注目画素値範囲および被検査画像のヒストグラムに基づいて生成されるという点を除いて、参照画像および参照画像用の注目画素値範囲から参照画像用LUT61aを求める手法（例えば、図6ないし図8にて例示した手法）と同様である。

【0059】

画像変換部503では、参照画像の各画素の値を参照画像用LUT61aを用いて変換し（ステップS26）、被検査画像の対応する画素の値を被検査画像用LUT61bを用いて変換する（ステップS27）。これにより、変換済参照画像と変換済被検査画像とが実質的に求められる。

【0060】

変換後の両画素値は減算部504に入力されて差分絶対値が求められ（図5：ステップS17）、差分絶対値が比較部505にて所定のしきい値と比較されることにより（ステップS18）、画素ごとの検査結果が得られる。すなわち、実質的に変換済参照画像と変換済被検査画像との差分絶対値画像が強調差分画像として求められて所定のしきい値により2値化される。検査結果、すなわち、欠陥画素を示す2値画像は検査結果データ603としてメモリ532に保存され、必

要に応じてディスプレイ 55 に表示される（ステップ S 19）。

#### 【 0 0 6 1 】

以上のように、図 9 に示すコンピュータ 5 では、画像を変換するための LUT が参照画像および被検査画像のそれぞれについて求められる。これにより、参照画像と被検査画像とにおいて画像の質（例えば、明るさ、画素値の分布範囲等）が異なる場合であっても、これらの画像の質の相違の影響を低減することが可能となる。

#### 【 0 0 6 2 】

例えば、参照画像および被検査画像のヒストグラムが図 6 に例示したように双峰性を有するが、ピーク的位置が両ヒストグラムにおいてずれている場合であっても、ピーク間の谷間を基準として注目画素値範囲が設定されるため、谷間において任意の 2 つの画素値の差が相対的に強調される変換が行われることとなる。その結果、参照画像および被検査画像のそれぞれにおいて、特定の領域（例えば、基板 9 上の配線パターン領域や背景領域）のいずれかに属すると判定困難な画素に対して強調差分画像の画素値が適切に強調されることとなる。

#### 【 0 0 6 3 】

また、図 10 に示す動作により、ヒストグラムが 1 つのピークしか有しない場合であっても、参照画像のヒストグラムのピーク的位置と被検査画像のヒストグラムのピークの位置のずれの影響を抑制することが実現される。

#### 【 0 0 6 4 】

図 11 は、検査装置 1 においてヒストグラムに基づいて注目画素値範囲および変換特性（LUT）が設定される他の例を説明するための図である。図 11 に示すヒストグラム 62a は図 6 と同様に 2 つのピークを有し、これらのピークに対応する基板 9 上の 2 つの領域の画素値範囲 641, 642 が求められる。そして、画素値範囲 641, 642 以外が注目画素値範囲 63a, 63b, 63c として設定される。

#### 【 0 0 6 5 】

したがって、LUT に相当する変換曲線 73 は、3 つの注目画素値範囲 63a, 63b, 63c にて傾斜が大きくなり、2 つの画素値範囲 641, 642 では

傾斜が緩やかとなる。その結果、参照画像および（または）被検査画像において 3 つの注目画素値範囲のいずれかに属する画素に対応する強調差分画像中の画素の値が強調されることとなる。すなわち、基板 9 上の特定の領域に属することが明らかでない全ての画素が強調差分画像において強調されることとなる。

## 【 0 0 6 6 】

図 1 2 は、基板 9 上に 3 つの（3 種類の）領域が存在し、3 つのピークを有するヒストグラム 6 2 c が得られた場合の変換曲線 7 4 を例示する図である。例えば、図 1 3 に示すように、参照画像（または被検査画像）7 0 0 が背景領域 7 0 1、第 1 配線領域 7 0 2 および第 2 配線領域 7 0 3 を有し、ライン 7 0 0 a における画素値がグラフ 7 0 0 b となる場合に、図 1 2 に例示するヒストグラム 6 2 c が得られる。

## 【 0 0 6 7 】

図 1 2 に示す変換曲線 7 4 の生成手法は図 1 1 と同様であり、各領域に対応する画素値範囲では変換曲線 7 4 の傾斜が緩やかとされ、いずれの領域にも対応しない画素値範囲（極端に暗い箇所および極端に明るい箇所を含む。）が注目画素値範囲とされ、注目画素値範囲にて変換曲線 7 4 の傾斜が大きくされる。なお、検出したい欠陥の画素値が、特定の画素値範囲にしか存在しないことが明らかな場合には、図 1 2 に示すように多くの注目画素値範囲が設定される必要はない。

## 【 0 0 6 8 】

図 1 4 は、予め基板 9 上に 3 つの領域が存在することが判っているが、ヒストグラム 6 2 d が各領域に対応するピークを有しない場合の注目画素値範囲の設定の様子を例示する図である。

## 【 0 0 6 9 】

図 1 4 に示すヒストグラム 6 2 d が得られた場合、まず、前掲の天津展之による論文にて提案された手法を用いて、ヒストグラム 6 2 d を 3 つの部分に分割するための 2 つのしきい値  $TH1$ 、 $TH2$  が求められる。そして、ヒストグラム 6 2 d の分割された部分の平均値  $AV11$ 、 $AV12$ 、 $AV13$  が求められる。さらに、平均値  $AV11$  と平均値  $AV13$  との間が注目画素値範囲 6 3 として設定され、変換曲線 7 5 が求められる。

## 【 0 0 7 0 】

ヒストグラム 6 2 d では、所定の画素値からしきい値 T H 1 までの画素値範囲 6 5 1、しきい値 T H 1 からしきい値 T H 2 までの画素値範囲 6 5 2、および、しきい値 T H 2 から所定の画素値までの画素値範囲 6 5 3 がそれぞれ基板 9 上の特定の領域に対応するとみなされる。しかしながら、ヒストグラム 6 2 d のように各領域に対応する画素値範囲が明確でない場合、画素値範囲 6 5 2 にて欠陥を重点的に検出する必要が生じる。そこで、画素値範囲 6 5 2 を含む範囲として平均値 A V 1 1 から平均値 A V 1 3 までの範囲が注目画素値範囲 6 3 として決定され、この画素値範囲にて傾斜が大きい変換曲線 7 5 が設定される。

## 【 0 0 7 1 】

なお、基板 9 上の各領域に対応してヒストグラム中にピークが明瞭に現れない場合のしきい値の設定方法としては他のどのような手法が利用されてもよい。また、基板 9 上の領域の種類数は 4 以上であってもよく、領域の種類数は必ずしも既知である必要はない。

## 【 0 0 7 2 】

図 1 5 はコンピュータ 5 がプログラム 8 0 に従って動作することにより実現される機能のさらに他の例を示す図である。図 1 5 は図 4 に示す構成から減算部 5 0 4 を省略したものとなっており、図 1 5 に示す機能構成により変換済参照画像データ 6 0 2 を生成することなく強調差分画像が生成される。なお、比較部 5 0 5 よりも下流の機能構成は図 4 と同様であり、図 4 と同様の機能には同符号を付している。図 1 6 は図 1 5 に示すコンピュータ 5 の動作の流れを示す図である。

## 【 0 0 7 3 】

図 1 5 に示すコンピュータ 5 を有する検査装置 1 では、まず、撮像部 2 により参照画像データ 6 0 1 が取得されて画像メモリ 5 3 1 に記憶され（ステップ S 3 1）、範囲設定部 5 0 1 において参照画像のヒストグラムに基づいて注目画素値範囲の設定が行われる（ステップ S 3 2）。

## 【 0 0 7 4 】

次に、LUT 作成部 5 0 2 が、参照画像データ 6 0 1 に基づいて 2 次元 LUT 6 1 c を生成し（ステップ S 3 3）、2 次元 LUT 6 1 c が画像変換部 5 0 3 に

記憶される。2次元LUT61cは参照画像の画素値と被検査画像の対応する画素値を入力とし、2つの入力に対応する強調差分画像の画素値を決定する変換特性を示すテーブルとなっている。そして、検査装置1では撮像部2にて被検査画像データが取得されると（ステップS34）、画像変換部503により強調差分画像の画素値が求められ（ステップS35）、強調差分画像の画素値としきい値とが比較部505において比較されることにより検査が実行される（ステップS36）。比較結果は必要に応じてディスプレイ55に表される（ステップS37）。

## 【0075】

図17（a）、（b）はLUT作成部502にて作成される2次元LUT61cの例を説明するための図である。図17（a）は図4に示す場合のように変換済参照画像（および変換済被検査画像）が生成されると仮定した場合の変換曲線（変換特性）711を示しており、図17（b）は図17（a）の変換曲線711に応じて強調差分画像を生成するための2次元LUT61cの様子を模式的に示している。図17（b）では左下が原点（0，0）であり横軸は被検査画像の画素値を示し、縦軸は参照画像の画素値を示している。そして、これらの画素値にて決定される座標におけるテーブルの値が強調差分画像の画素値として特定される。図17（b）中の破線は、2次元LUT61cに含まれる値の大小の様子を等高線として示す線である。

## 【0076】

図18（a）、（b）は参考のために例示する2次元LUTを説明するための図である。図18（a）は画素値を変更しない変換曲線712（すなわち、直線）を示しており、図18（b）は図18（a）の変換曲線712に対応する2次元LUTの様子を模式的に示す図である。図18（b）に示す2次元LUTでは、被検査画像の画素値と参照画像の画素値との差がそのまま出力値となるように2次元LUT内の値が対角線81からの距離に比例している。

## 【0077】

一方、図17（b）に示す2次元LUT61cでは、対角線81上では値「0」が格納されるが、中央に向かって等高線が突出するように各座標の値が設定さ

れている。その結果、被検査画像の画素値と参照画像の画素値とが共に図 1 7 (a) にて傾斜が急な画素値範囲に属する場合には（すなわち、図 1 7 (b) の中央付近では）、被検査画像の画素値と参照画像の画素値との差に対して相対的に大きな値が 2 次元 LUT 6 1 c により特定されることとなる。逆に、被検査画像の画素値と参照画像の画素値とが共に図 1 7 (a) にて傾斜が緩やかな画素値範囲に属する場合には（すなわち、図 1 7 (a) の原点側または原点とは反対側）では、被検査画像の画素値と参照画像の画素値との差に対して相対的に小さな値が 2 次元 LUT 6 1 c により特定されることとなる。

## 【 0 0 7 8 】

以上のように、LUT 作成部 5 0 2 にて作成される 2 次元 LUT 6 1 c は、変換特性に従って参照画像および被検査画像の変換を行うことなく、被検査画像の画素値と参照画像の画素値とから直接かつ効率よく強調差分画像の画素値を求めることができるテーブルとなっている。これにより、検査装置 1 における検査を高速に行うことが実現される。

## 【 0 0 7 9 】

図 1 9 は、図 9 に示す参照画像用 LUT 6 1 a および被検査画像用 LUT 6 1 b を用いて強調差分画像を生成する動作と同様の動作を 2 次元 LUT にて実現する場合のコンピュータ 5 の機能構成を示す図である。図 1 9 に示す機能構成は、図 9 に示す構成から減算部 5 0 4 を省き、画像変換部 5 0 3 に 2 次元 LUT 6 1 d が準備されるという点でのみ相違している。

## 【 0 0 8 0 】

図 1 9 に示すコンピュータ 5 の動作では、まず、図 1 0 中のステップ S 2 1 ～ S 2 3 と同様の動作が行われ、その後、図 1 6 中のステップ S 3 3, S 3 5 ～ S 3 7 と同様の動作が行われる。すなわち、画像メモリ 5 3 1 に参照画像データ 6 0 1 および被検査画像データ 6 1 1 が準備され（ステップ S 2 1, S 2 2）、これらの画素値のヒストグラムに基づいて範囲設定部 5 0 1 にて注目画素値範囲が設定される（ステップ S 2 3）。そして、注目画素値範囲に基づいて LUT 作成部 5 0 2 が 2 次元 LUT 6 1 d を生成する（ステップ S 3 3）。

## 【 0 0 8 1 】



図 2 0 ( a ) , ( b ) は、2 次元 L U T 6 1 d の例を説明するための図である。図 2 0 ( a ) 中の変換曲線 7 1 3 は参照画像から導かれる変換特性を示しており、変換曲線 7 1 4 は被検査画像から導かれる変換特性を示している。そして、これらの変換特性に対応して図 2 0 ( b ) に示す 2 次元 L U T 6 1 d が L U T 作成部 5 0 2 にて生成される。なお、L U T 作成部 5 0 2 では図 2 0 ( a ) に示す変換曲線を求めることなく参照画像および被検査画像に対して設定された注目画素値範囲から 2 次元 L U T 6 1 d が直接生成されてよい。

## 【 0 0 8 2 】

図 2 0 ( b ) に示す 2 次元 L U T 6 1 d では、およそ曲線 8 1 a 上にて値「0」が設定され、図 1 7 ( b ) に示す 2 次元 L U T 6 1 c と比べて等高線が歪んだ状態となっている。これにより、参照画像と被検査画像とにおいて画像の質（例えば、明るさ、画素値の分布範囲等）が異なる場合であっても、これらの画像の質の相違の影響を低減しつつ強調差分画像を生成することが可能となり、図 9 に示す機能構成の場合と同様の検査を高速に行うことが実現される（ステップ S 3 5 ～ S 3 7 参照）。

## 【 0 0 8 3 】

以上に説明した実施の形態では、強調差分画像を求めることにより欠陥の性質に応じた適切な検査を実現しているが、強調差分画像は元の参照画像と被検査画像との差分絶対値画像（以下、「単純差分画像」という。）を用いて加工されてもよい。図 2 1 は、図 4 または図 9 に示す構成において、強調差分画像と単純差分画像とが合成される場合のコンピュータ 5 の機能構成の一部を示す図である。図 2 1 では、図 4 または図 9 に示す構成に対して、減算部 5 0 4 が、第 1 減算部 5 0 4 a、第 2 減算部 5 0 4 b および合成部 5 0 7 に置き換えられたものとなっている。他の構成は図 4 または図 9 と同様であり、以下の説明では同様の符号を付して説明を行う。

## 【 0 0 8 4 】

なお、図 2 1 では、参照画像データ 6 0 1、変換済参照画像データ 6 0 2、被検査画像データ 6 1 1 および変換済被検査画像データ 6 1 2 が画像メモリ 5 3 1 に記憶されるものとして記載しているが、参照画像データ 6 0 1 以外は画像メモ

り 5 3 1 に記憶されることなく、第 1 減算部 5 0 4 a や第 2 減算部 5 0 4 b に直接入力されてもよい。

#### 【 0 0 8 5 】

図 2 1 に示す構成により検査が実行される際には、図 5 におけるステップ S 1 8 に代えて図 2 2 に示す動作が実行される。図 2 1 に示す構成においても図 4 に示す L U T 6 1、または、図 9 に示す参照画像用 L U T 6 1 a および被検査画像用 L U T 6 1 b が生成され、参照画像データ 6 0 1 および被検査画像データ 6 1 1 が画像変換部 5 0 3 により変換され、変換済参照画像データ 6 0 2 および変換済被検査画像データ 6 1 2 が求められる（図 5：ステップ S 1 1 ～ S 1 6、または、図 1 0：ステップ S 2 1 ～ S 2 7）。

#### 【 0 0 8 6 】

その後、これらの変換済みの画像データが第 2 減算部 5 0 4 b に入力されて強調差分画像のデータが生成される（図 5：ステップ S 1 7）。このとき、参照画像データ 6 0 1 および被検査画像データ 6 1 1 が第 1 減算部 5 0 4 a に入力され、単純差分画像のデータが求められる（図 2 2：ステップ S 1 8 1）。強調差分画像の画素値および単純差分画像の対応する画素の値は合成部 5 0 7 に入力され、これらの画素値の積の平方根が合成された画素値として求められる（ステップ S 1 8 2）。これにより、実質的に強調差分画像と単純差分画像とを合成した合成差分画像のデータが生成される。

#### 【 0 0 8 7 】

合成差分画像の各画素値は、比較部 5 0 5 にて所定のしきい値と比較され（ステップ S 1 8 3）、比較結果が検査結果データ 6 0 3 としてメモリ 5 3 2 に保存され（図 4 参照）、必要に応じてディスプレイ 5 5 に表示される（図 5：ステップ S 1 9）。

#### 【 0 0 8 8 】

以上のように、図 2 1 に示す構成を有するコンピュータ 5 では、強調差分画像と単純差分画像とが合成された上で所定のしきい値との比較を行って欠陥画素の検出が行われる。画像を変換するための特性を示す変換曲線がコンピュータによる演算処理により設定される場合は、図 6 ないし図 8 に例示したように変換曲線

は折れ線であることが好ましい。しかしながら、場合によっては折れ線では差分画像の強調が過度に行われることがある。そこで、このような場合に図 2 1 に示す構成により強調差分画像と単純差分画像とを合成して強調の度合いを緩和することにより、適切な検査が実現される。

#### 【 0 0 8 9 】

図 2 3 は、2 次元 L U T を用いる場合において（図 1 5 または図 1 9 参照）、強調差分画像と単純差分画像との合成を行う構成を示す図である。図 2 3 に示す構成では、画像変換部 5 0 3 に 2 次元 L U T が準備され、参照画像データ 6 0 1 および被検査画像データ 6 1 1 から画像変換部 5 0 3 により直接、強調差分画像のデータが生成され、合成部 5 0 7 に入力される。一方、参照画像データ 6 0 1 および被検査画像データ 6 1 1 が減算部 5 0 4 にて減算されて単純差分画像のデータが生成され、合成部 5 0 7 に入力される。そして、合成部 5 0 7 にて強調差分画像と単純差分画像とが合成され、比較部 5 0 5 にて所定のしきい値と合成差分画像の画素値とが比較されて検査が行われる。すなわち、強調差分画像のデータが画像変換部 5 0 3 にて直接生成されるという点を除いて、図 2 1 に示す構成と同様の動作が行われる。

#### 【 0 0 9 0 】

なお、画像変換部 5 0 3 の 2 次元 L U T に、合成処理を含めた値が格納されてもよい。この場合、検査装置 1 の構成は図 1 5 や図 1 9 と同様となる。図 2 4 は図 1 7 ( b ) に示す 2 次元 L U T に合成処理を含めた 2 次元 L U T の様子を示す図であり、図 2 5 ( a ) ないし ( d ) はそれぞれ、被検査画像の画素値が、5 0、1 0 0、1 2 5、1 5 0 である場合の参照画像の画素値と L U T に格納されている値（すなわち、合成差分画像の画素値）との関係を示すグラフである。

#### 【 0 0 9 1 】

図 2 4 に示すように、2 次元 L U T は図 1 7 ( b ) に示すものから L U T 内における値の変化（すなわち、分布）が緩やかとなっている。図 2 5 ( a ) ないし ( d ) において、実線は図 2 4 に示す L U T における参照画像の画素値と L U T 内の値との関係を示しており、破線は図 1 7 ( b ) における参照画像の画素値と L U T 内の値との関係を示しており、一点鎖線は図 1 8 ( b ) （すなわち、差分

絶対値画像の強調が行われない場合のLUT)における参照画像の画素値とLUT内の値との関係を示している。

## 【0092】

図25(a)ないし(d)に示すように、図24に示す2次元LUTにより変換された画像は、強調差分画像の強調の度合いを単純差分画像にて緩和したものとなる。2次元LUTにて直接、合成差分画像を生成することにより、検査装置1のコンピュータ5における演算処理を簡素化することが実現される。

## 【0093】

以上の説明における検査装置1では、参照画像と被検査画像との全体において比較検査を行うが、検査は参照画像と被検査画像との部分ごとに行われてもよい。換言すれば、撮像部2により取得される画像の一部が上記説明における被検査画像として取り扱われてもよい。以下、撮像部2により取得される画像を全体被検査画像といい、演算対象となる全体被検査画像の一部を部分被検査画像という。これに合わせて参照画像の全体および一部をそれぞれ、全体参照画像および部分参照画像という。図26は部分被検査画像ごとに検査が行われる際の検査装置1の動作の流れを示す図である。

## 【0094】

まず、撮像部2により全体参照画像および全体被検査画像のデータが取得されて準備されると(ステップS41)、全体参照画像および全体被検査画像が複数の部分参照画像および部分被検査画像に分割される(ステップS42)。図27は画像660(全体参照画像または全体被検査画像)が複数の部分画像661に分割される様子を例示する図である。そして、1つの部分参照画像のデータと対応する部分被検査画像のデータに対して上述の処理が行われ、部分被検査画像に対応する強調差分画像や合成差分画像が求められ、強調差分画像または合成差分画像の各画素がしきい値と比較されることにより検査が行われる(ステップS43)。

## 【0095】

1つの部分被検査画像に対して検査が完了すると、次の部分被検査画像に対して検査が実行され、全ての部分被検査画像に対する検査の完了により全体被検査

画像に対する検査が終了する（ステップ S 4 4）。全体被検査画像（および全体参照画像）を分割して検査を実行することにより、全体被検査画像内にて領域ごとに画像の質が異なる場合であっても、被検査画像全体に対して適切な検査を行うことが実現される。

## 【 0 0 9 6 】

以上、本発明の実施の形態について説明してきたが本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく様々な変形が可能である。

## 【 0 0 9 7 】

例えば、被検査画像および参照画像は撮像部 2 にて取得された 1 つの画像の一部であってもよい。例えば、繰り返しパターンを有する画像が撮像部 2 にて取得され、この画像の一部が参照画像とされ、他の一部が被検査画像とされてもよい。さらに、参照画像は基板 9 上の互いに対応する複数の画像の平均画像とされてもよく、予め基板 9 上のパターンの設計データに基づいて参照画像データが生成されてもよい。

## 【 0 0 9 8 】

上記実施の形態では参照画像のみに基づいて、または、参照画像および被検査画像に基づいて L U T が作成されるが、L U T は被検査画像の画素値のみに基づいて作成されてもよい。参照画像または被検査画像に基づいて L U T が求められることにより、参照画像または被検査画像の特性を L U T に反映することができるとともに、L U T の自動生成も可能となる。

## 【 0 0 9 9 】

L U T による変換特性を示す変換曲線は折れ線である必要はなく、注目画素値範囲にて任意の 2 つの画素値の差を強調する変換が行われるのであれば、滑らかな曲線であってもよい。

## 【 0 1 0 0 】

また、上記実施の形態では欠陥検出において注目する注目画素値範囲において任意の（2 つの）画素値の差が強調されるように強調差分画像が生成されるが、注目される画素値は離散的なものであってもよい。すなわち、複数の注目画素値における任意の画素値の差が強調されるのみであってもよい。これにより、特定

の画素値に注目した適切な検査が実現される。上記実施の形態における注目画素値範囲は複数の注目画素値の集合、あるいは、複数の注目画素値を含む範囲と捉えることができる。

## 【 0 1 0 1 】

上記図 4、図 9 および図 2 1 に示す構成において変換後の画像の画素値の全範囲は変換前の画像の画素値の全範囲と同じである必要はなく、例えば、変換前の画素値の範囲が 0 ～ 2 5 5 であり、変換後の画素値の範囲が 0 ～ 1 の精度の高い実数であってもよい。同様に、図 1 5、図 1 9 および図 2 3 に示す構成においても画像変換部 5 0 3 にて求められる強調差分画像の画素値の範囲が 0 ～ 1 の精度の高い実数であってもよい。強調差分画像または合成差分画像と比較されるしきい値は、これらの画像の画素値の範囲に合わせて適宜決定される。なお、0 ～ 1 の範囲の画素値へと変換された後に 0 ～ 2 5 5 の範囲へとさらに変換されてもよい。

## 【 0 1 0 2 】

図 2 1 および図 2 3 において、強調差分画像と単純差分画像とを合成する手法として他の手法が用いられてもよい。強調差分画像の画素値と単純差分画像の画素値との積がそのまま比較部 5 0 5 における比較対象とされてもよく、強調差分画像の画素値と単純差分画像の画素値とが一定の比にて足し合わされることにより合成が行われてもよい。具体例としては、パラメータ  $t$  ( $0 < t < 1$ ) ( $(0 \leq t \leq 1)$ ) とされてもよい。) を用いて強調差分画像の画素値と単純差分画像の画素値とが  $(t : (1 - t))$  にて合成されることにより合成差分画像の画素値が求められてもよい。この場合、パラメータ  $t$  を変更することにより、容易に強調差分画像と単純差分画像との合成の度合いを変更することができる。

## 【 0 1 0 3 】

また、検査は必ずしも画素単位にて行われる必要はなく、例えば、複数の画素（例えば、 $2 \times 2$  画素）の塊が上記実施の形態における 1 つの画素として取り扱われてもよい。すなわち、上記実施の形態における画素は、画像を構成する物理的な画素に厳密に対応している必要はない。

## 【 0 1 0 4 】

上記実施の形態では、撮像部 2 により取得された画像がコンピュータ 5 により処理されるものとして説明したが、処理を高速化するために図 4、図 9、図 1 5、図 1 9、図 2 1 および図 2 3 に示す機能の一部が専用の回路とされてもよい。特に、画像変換部 5 0 3、減算部 5 0 4、比較部 5 0 5 等は容易に専用回路とすることが可能であり、専用回路を用いることにより L U T の作成後の検査処理を高速に行うことが実現される。

#### 【 0 1 0 5 】

さらに、検査装置 1 は、半導体基板上のパターンの検査のみならず、カラーフィルタ、シャドウマスク、高精細プリント配線基板等に形成されたパターン、リードフレームのパターン、あるいは、これらのパターンを形成するためのフォトマスクのパターン等の各種基板上の微細パターンの検査にも利用することができる。

#### 【 0 1 0 6 】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、特定の画素値に注目した適切な検査を行うことができる。特に、検出すべき欠陥の種類に応じて複数の注目画素値を設定することにより、精度よく検査を行うことができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

欠陥が誤検出される様子を説明するための図である。

##### 【図 2】

検査装置の構成を示す図である。

##### 【図 3】

コンピュータの構成を示すブロック図である。

##### 【図 4】

コンピュータの機能構成を示す図である。

##### 【図 5】

検査装置の動作の流れを示す図である。

##### 【図 6】

ヒストグラムおよび変換曲線を例示する図である。

【図 7】

ヒストグラムおよび変換曲線を例示する図である。

【図 8】

ヒストグラムおよび変換曲線を例示する図である。

【図 9】

コンピュータの機能構成の他の例を示す図である。

【図 1 0】

検査装置の他の動作の流れを示す図である。

【図 1 1】

ヒストグラムおよび変換曲線を例示する図である。

【図 1 2】

ヒストグラムおよび変換曲線を例示する図である。

【図 1 3】

参照画像を例示する図である。

【図 1 4】

ヒストグラムおよび変換曲線を例示する図である。

【図 1 5】

コンピュータの機能構成の他の例を示す図である。

【図 1 6】

検査装置の動作の流れを示す図である。

【図 1 7】

(a) は変換曲線を例示する図であり、(b) は 2 次元 L U T の様子を示す図である。

【図 1 8】

(a) は変換を行わない変換曲線 (直線) を例示する図であり、(b) は差分画像の強調を行わない 2 次元 L U T の様子を示す図である。

【図 1 9】

コンピュータの機能構成の他の例を示す図である。



【図 2 0】

(a) は変換曲線を例示する図であり、(b) は 2 次元 L U T の様子を示す図である。

【図 2 1】

コンピュータの機能構成の他の例を示す図である。

【図 2 2】

検査装置の動作の流れの一部を示す図である。

【図 2 3】

コンピュータの機能構成の他の例を示す図である。

【図 2 4】

2 次元 L U T の様子を示す図である。

【図 2 5】

(a) ないし (d) は 2 次元 L U T の特性を説明するための図である。

【図 2 6】

検査装置の動作の流れを示す図である。

【図 2 7】

部分画像を例示する図である。

【符号の説明】

- 1 検査装置
- 2 撮像部
- 5 コンピュータ
- 9 基板
- 5 1 C P U
- 5 2 R O M
- 5 3 R A M
- 5 6 入力部
- 6 1 L U T
- 6 1 a 参照画像用 L U T
- 6 1 b 被検査画像用 L U T

6 1 c, 6 1 d 2 次元 L U T

6 3, 6 3 a ~ 6 3 c 注目画素値範囲

8 0 プログラム

5 0 1 範囲設定部

5 0 2 L U T 作成部

5 0 3 画像変換部

5 0 4 減算部

5 0 4 a 第 1 減算部

5 0 4 b 第 2 減算部

5 0 5 比較部

5 0 7 合成部

5 3 1 画像メモリ

6 0 1 参照画像データ

6 1 1 被検査画像データ

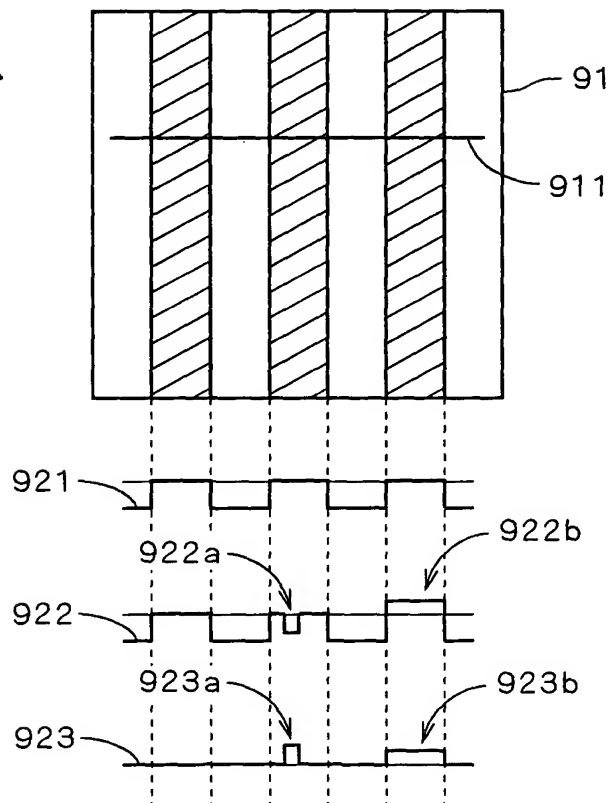
6 6 1 部分画像

S 1 1 ~ S 1 8, S 4 1 ~ S 4 4, S 1 8 1 ~ S 1 8 2 ステップ

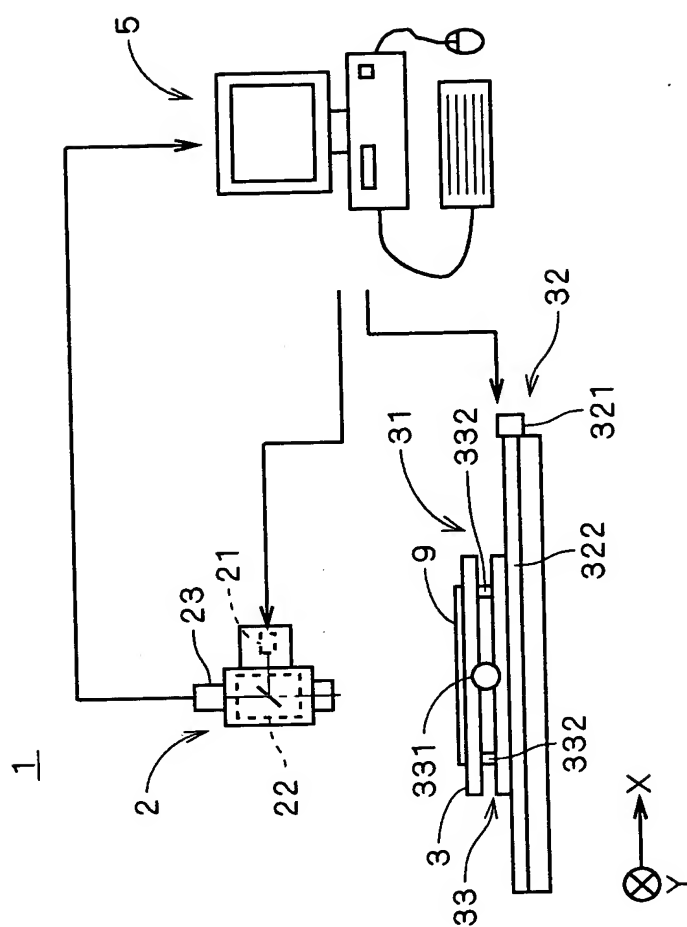
【書類名】

図面

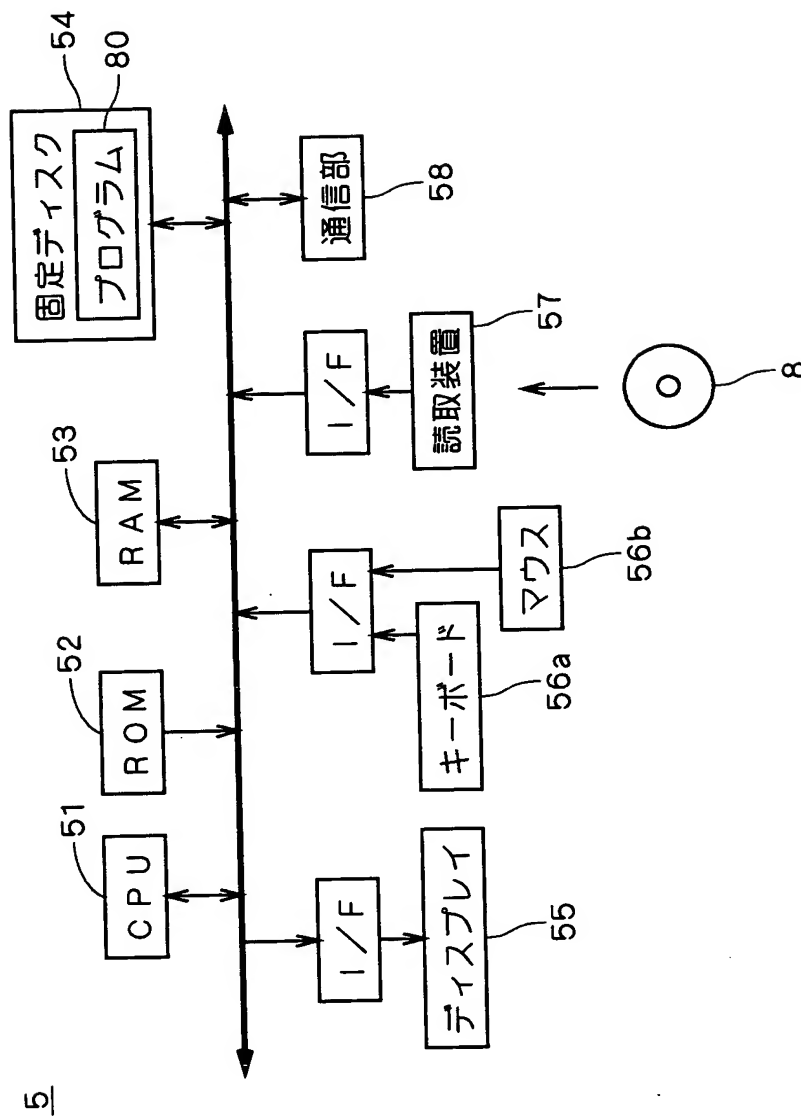
【図 1】



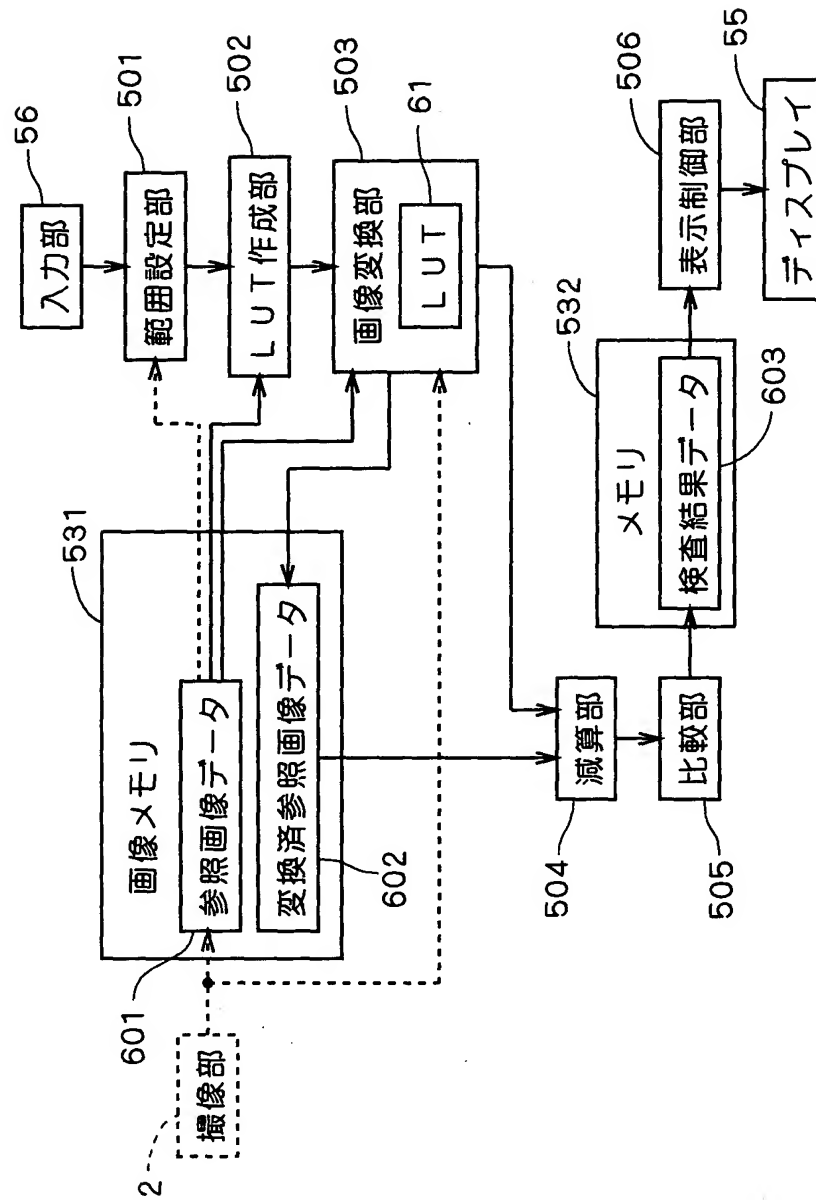
【図 2】



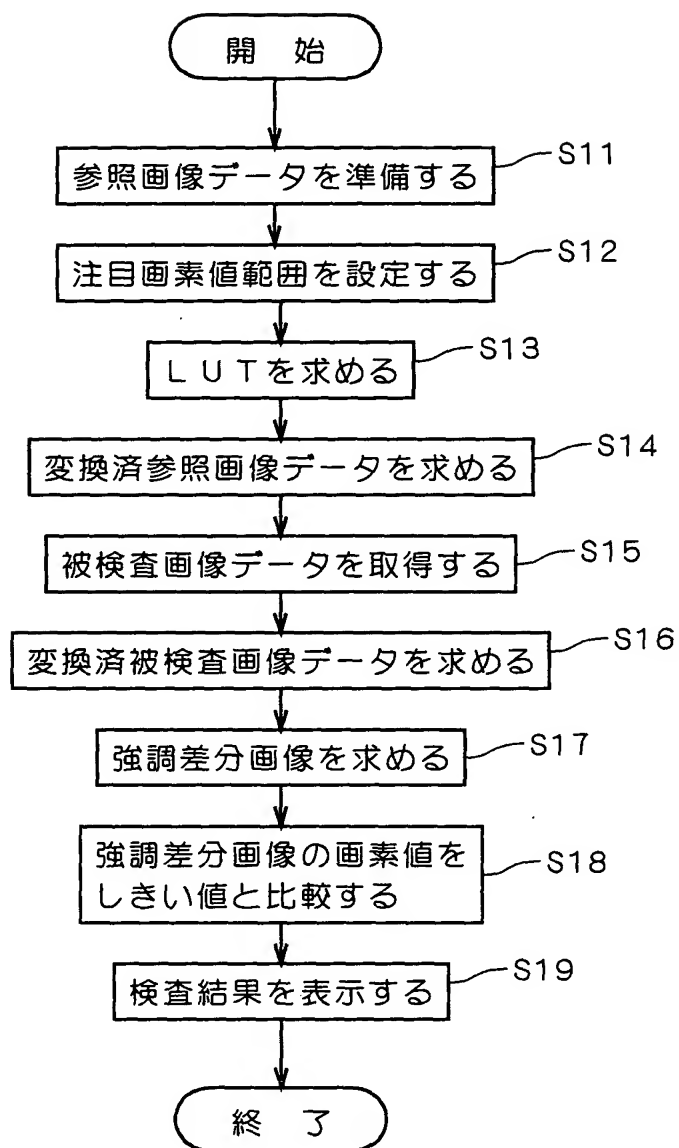
【図 3】



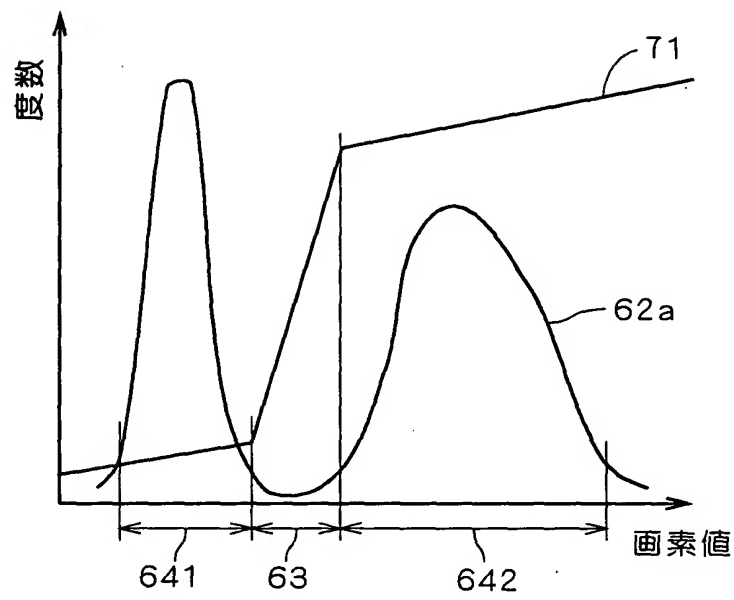
【図 4】



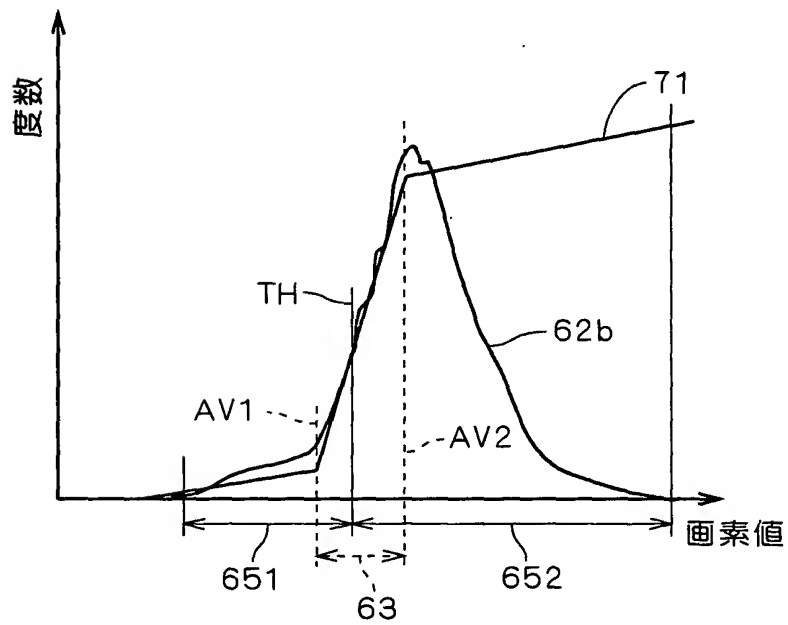
【図 5】



【図 6】

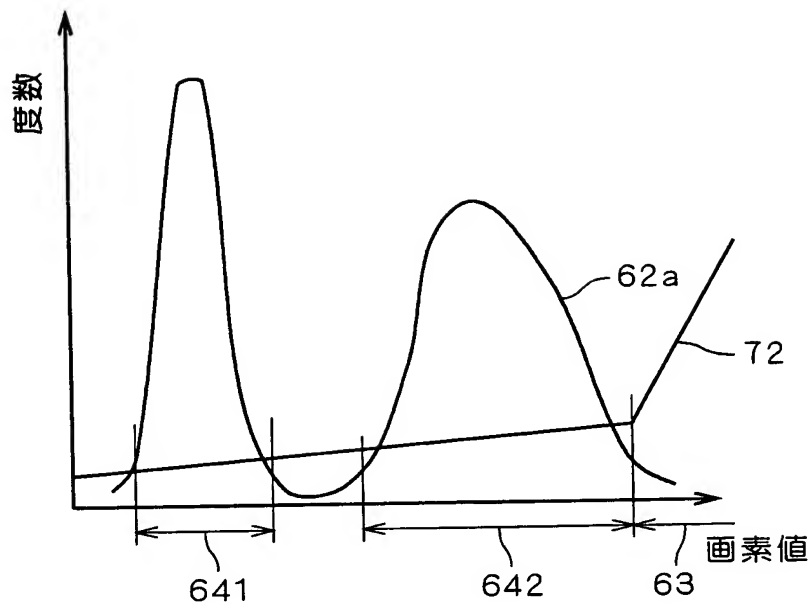


【図 7】

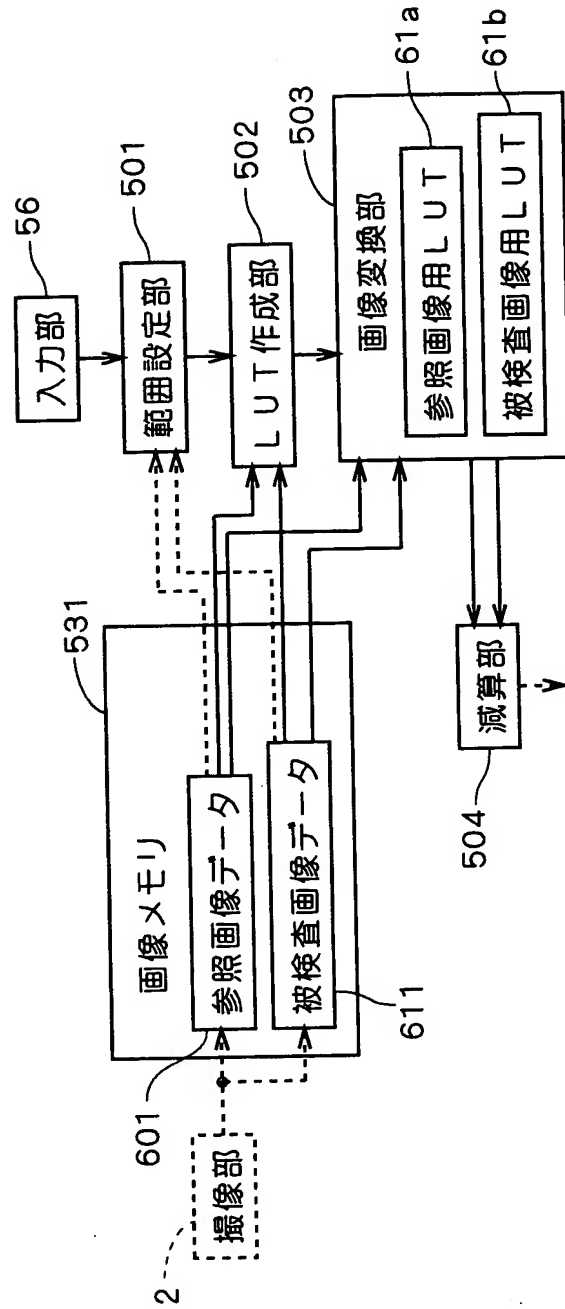




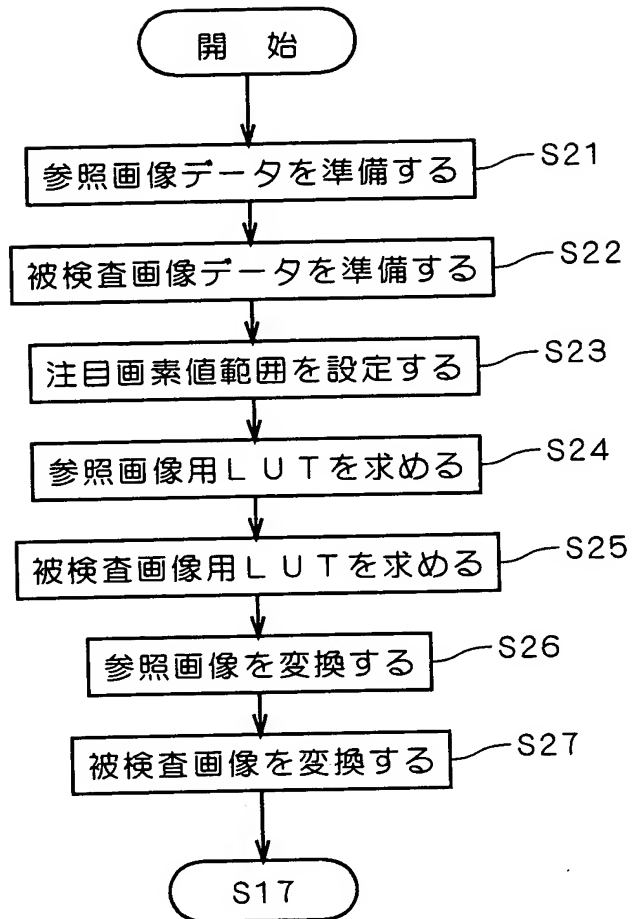
【図 8】



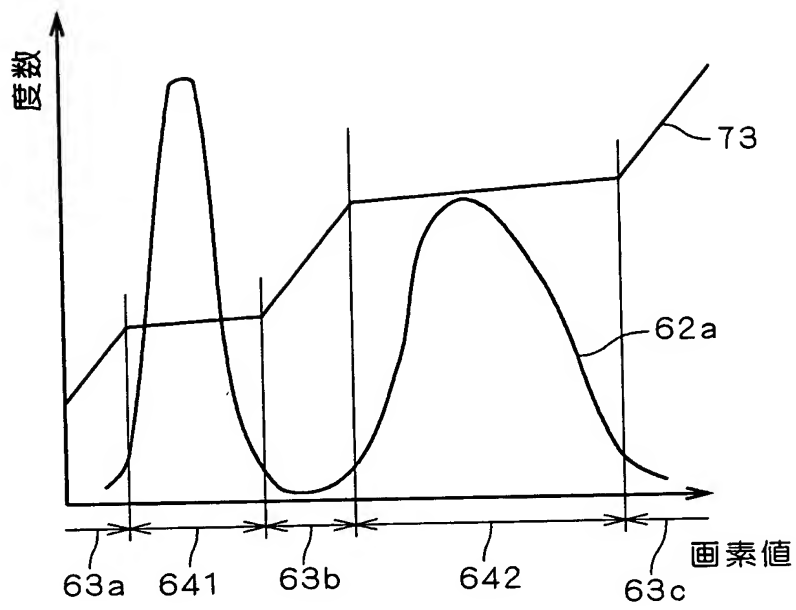
【図 9】



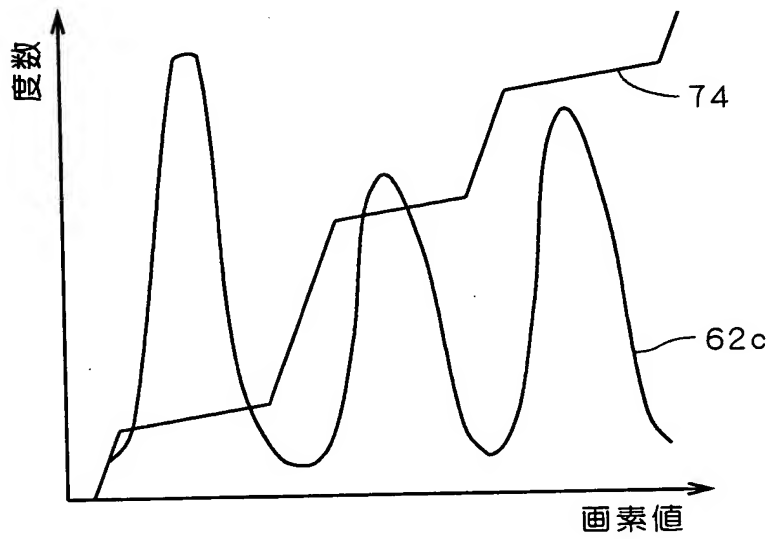
【図10】



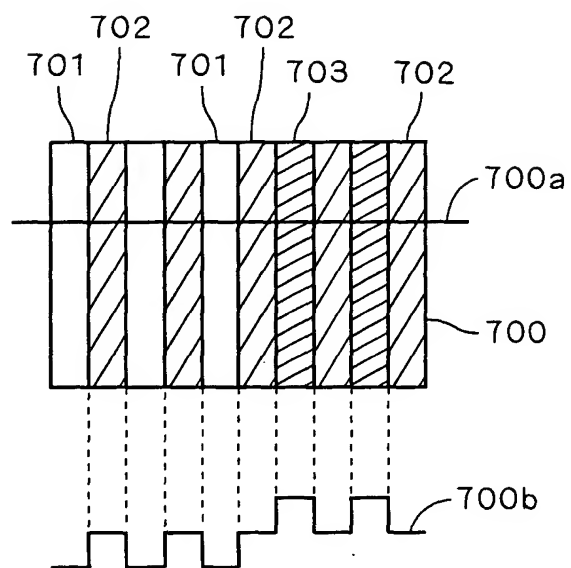
【図 1 1】



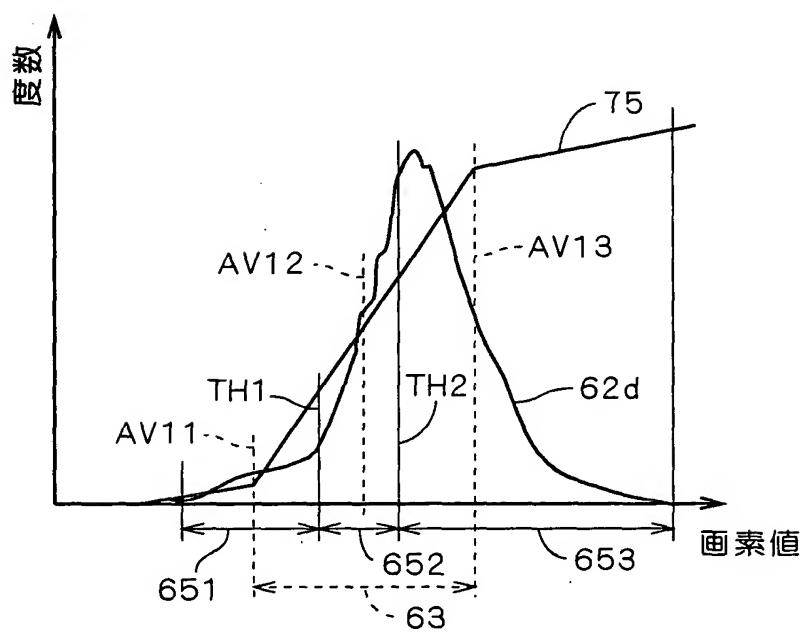
【図 1 2】



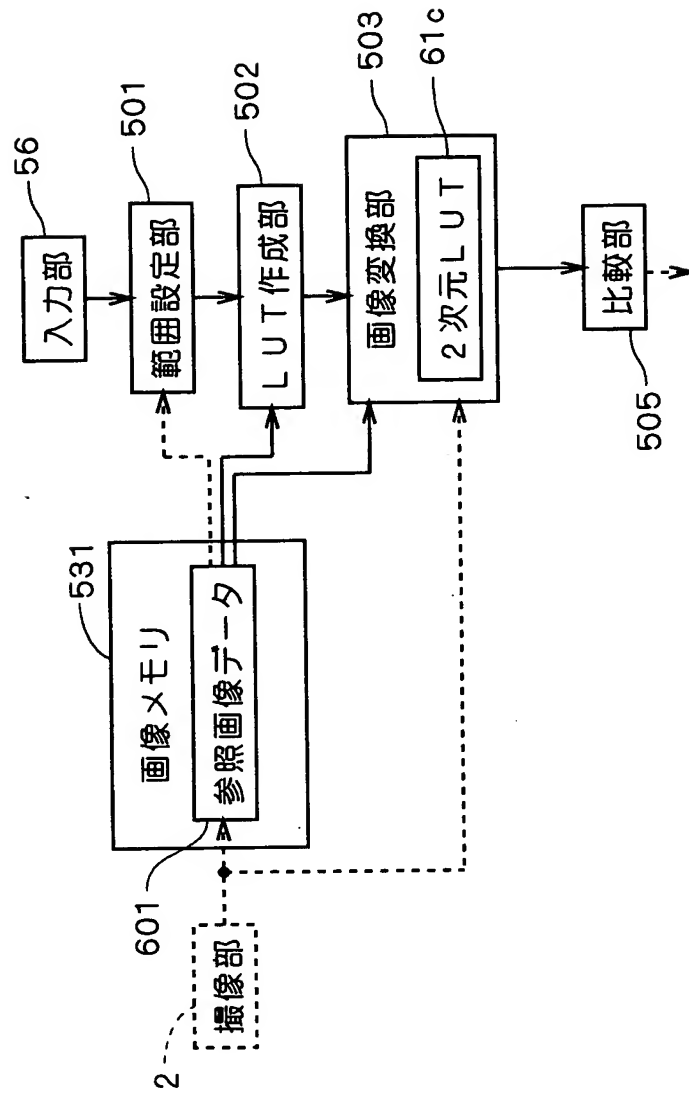
【図 1 3】



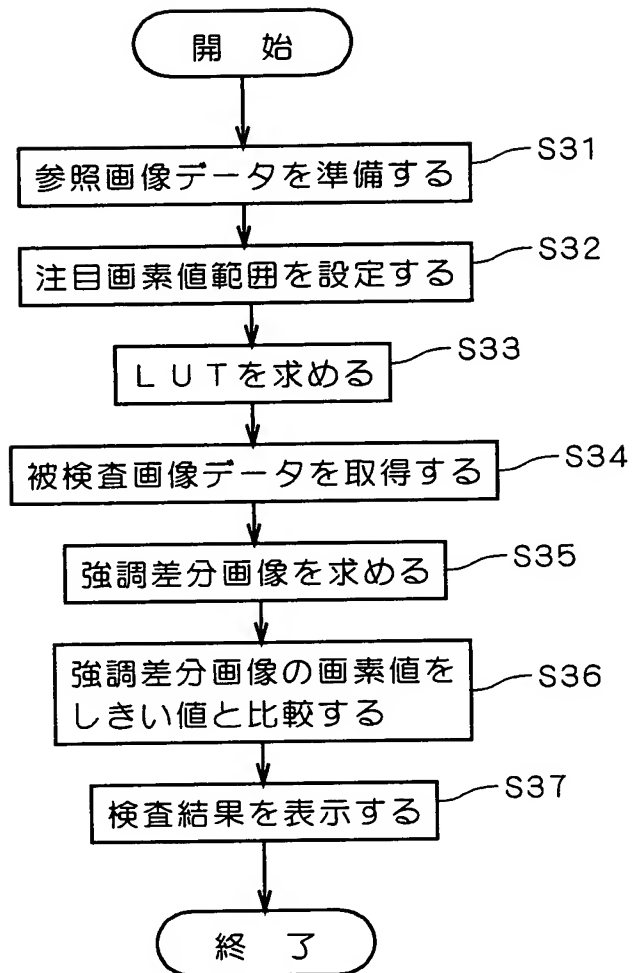
【図 1 4】



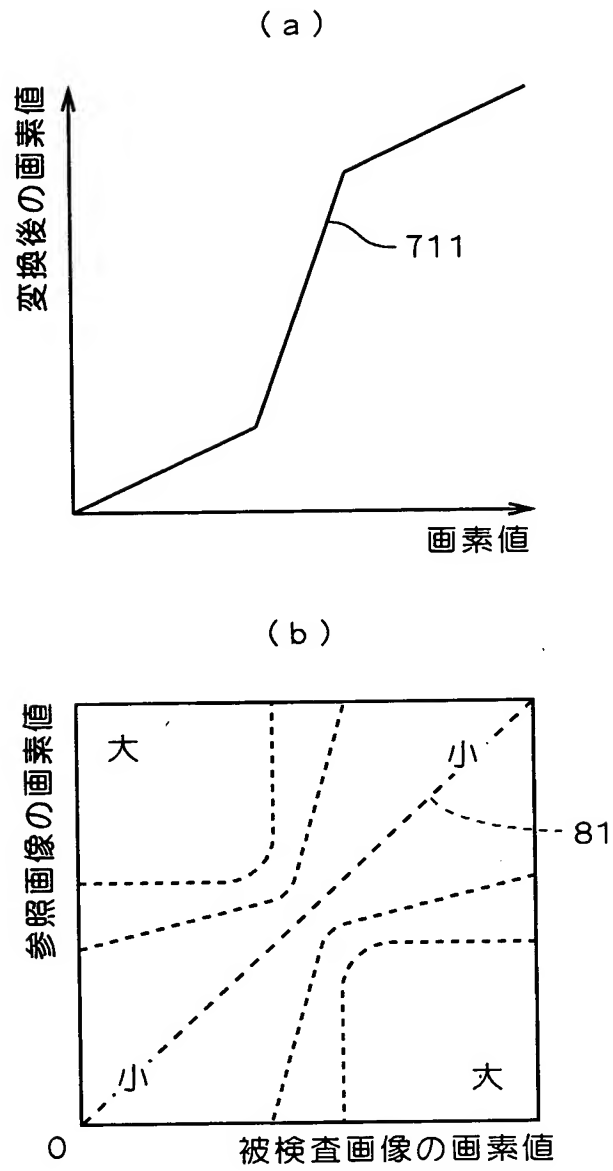
【図 1 5】



【図 1 6】

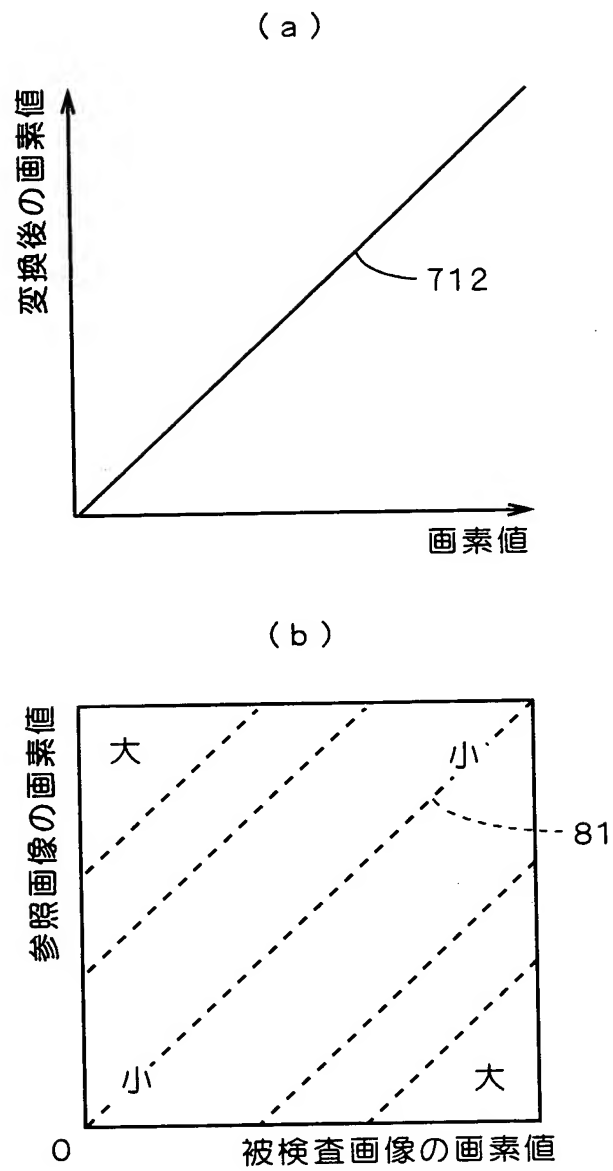


【図 1 7】

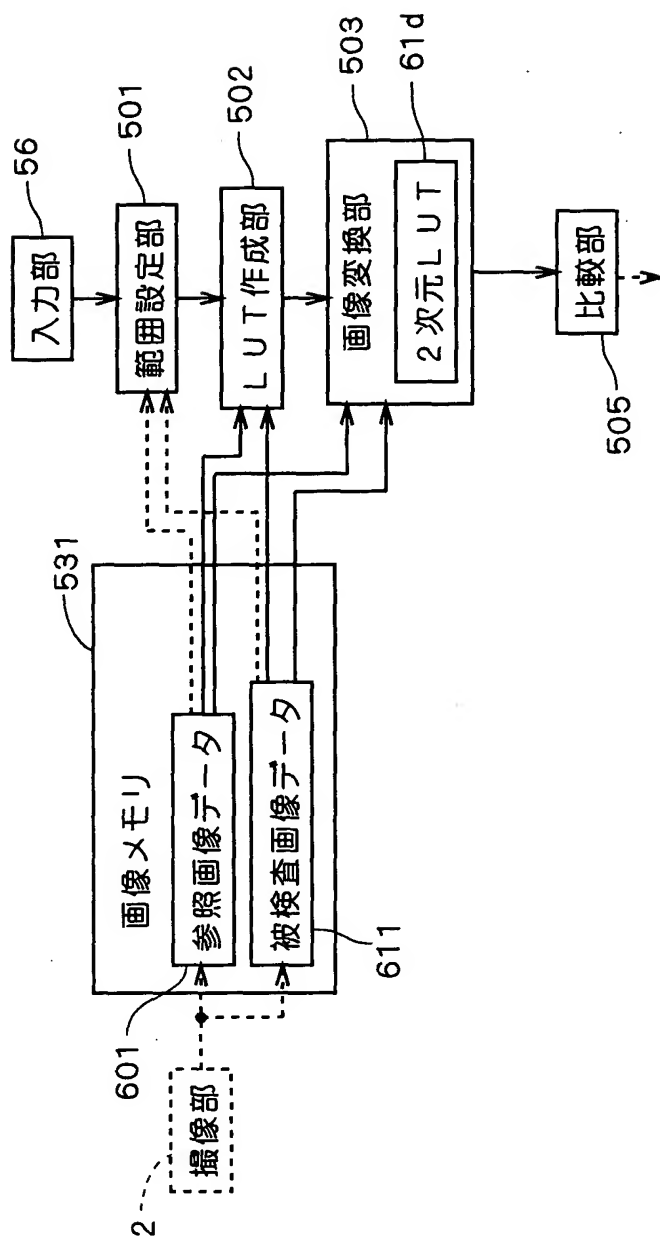




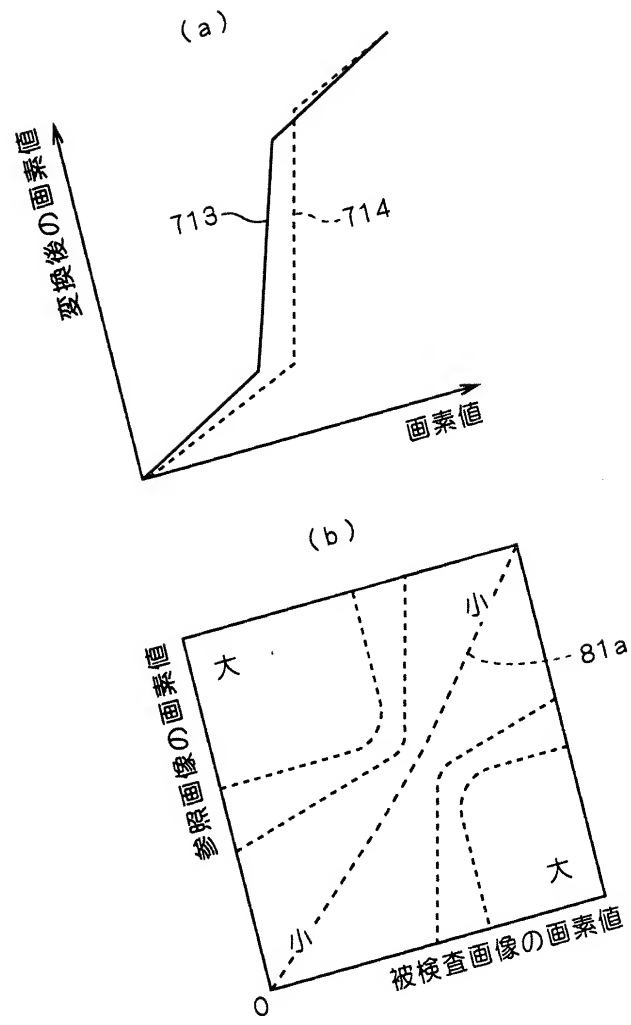
【図 1 8】



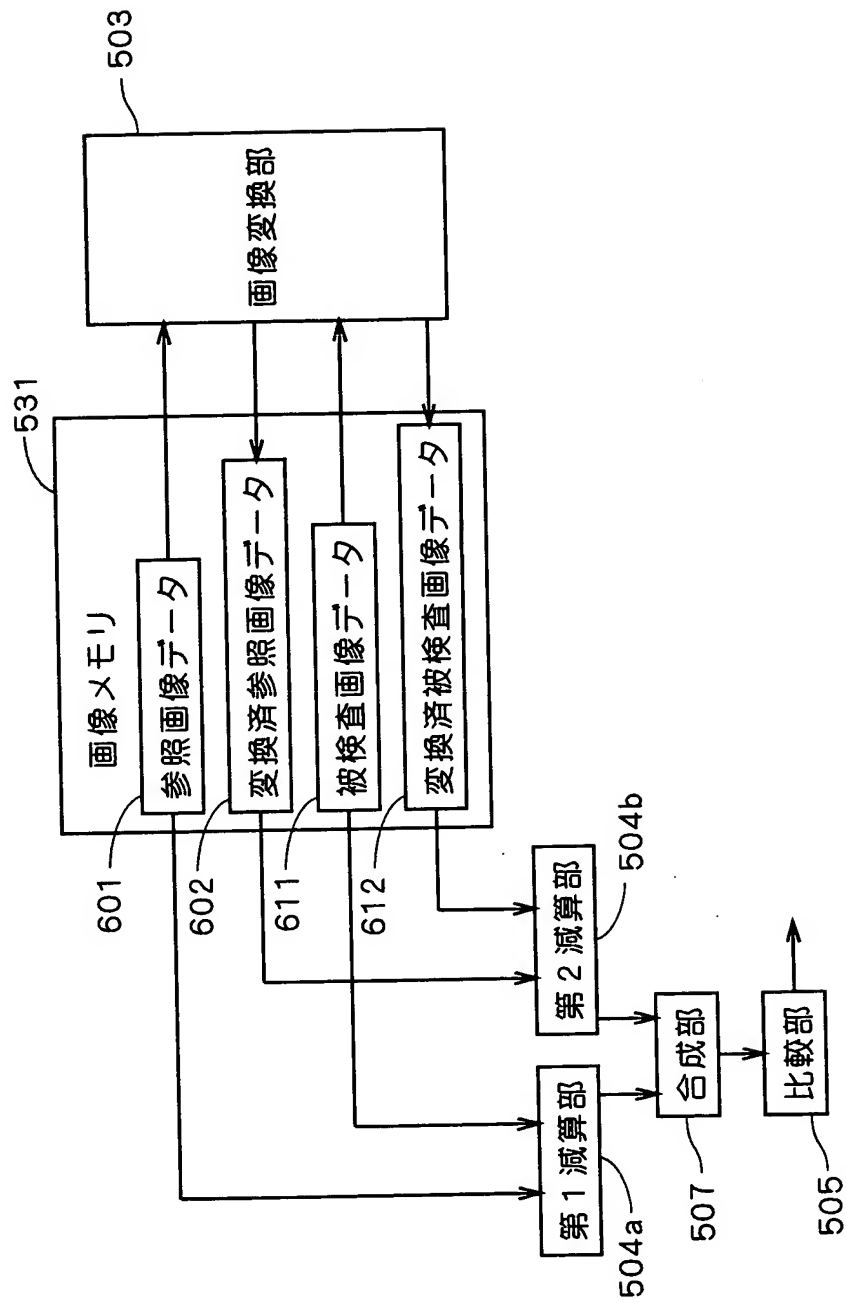
【図 1 9】



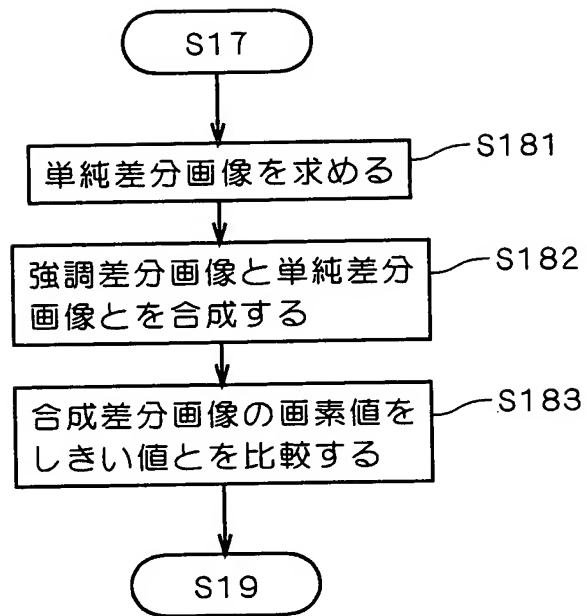
【図20】



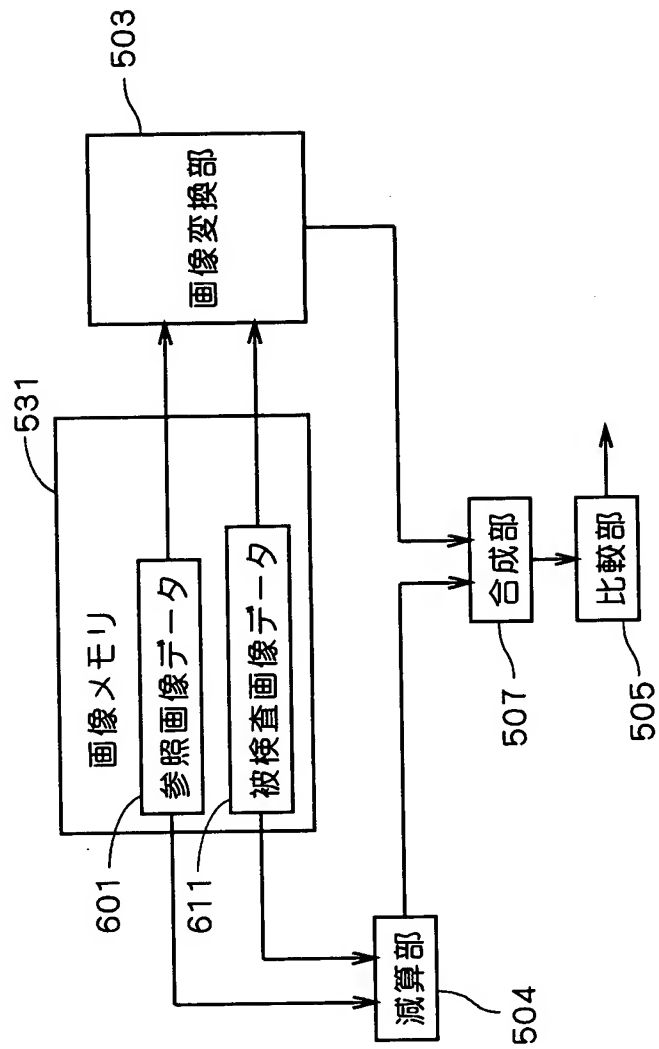
【図 21】



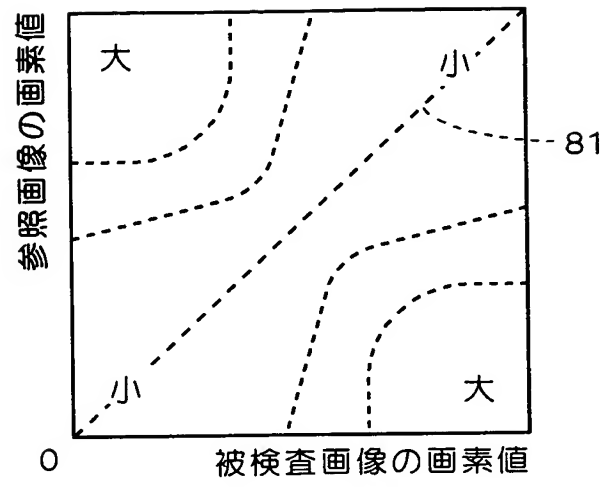
【図 2 2】



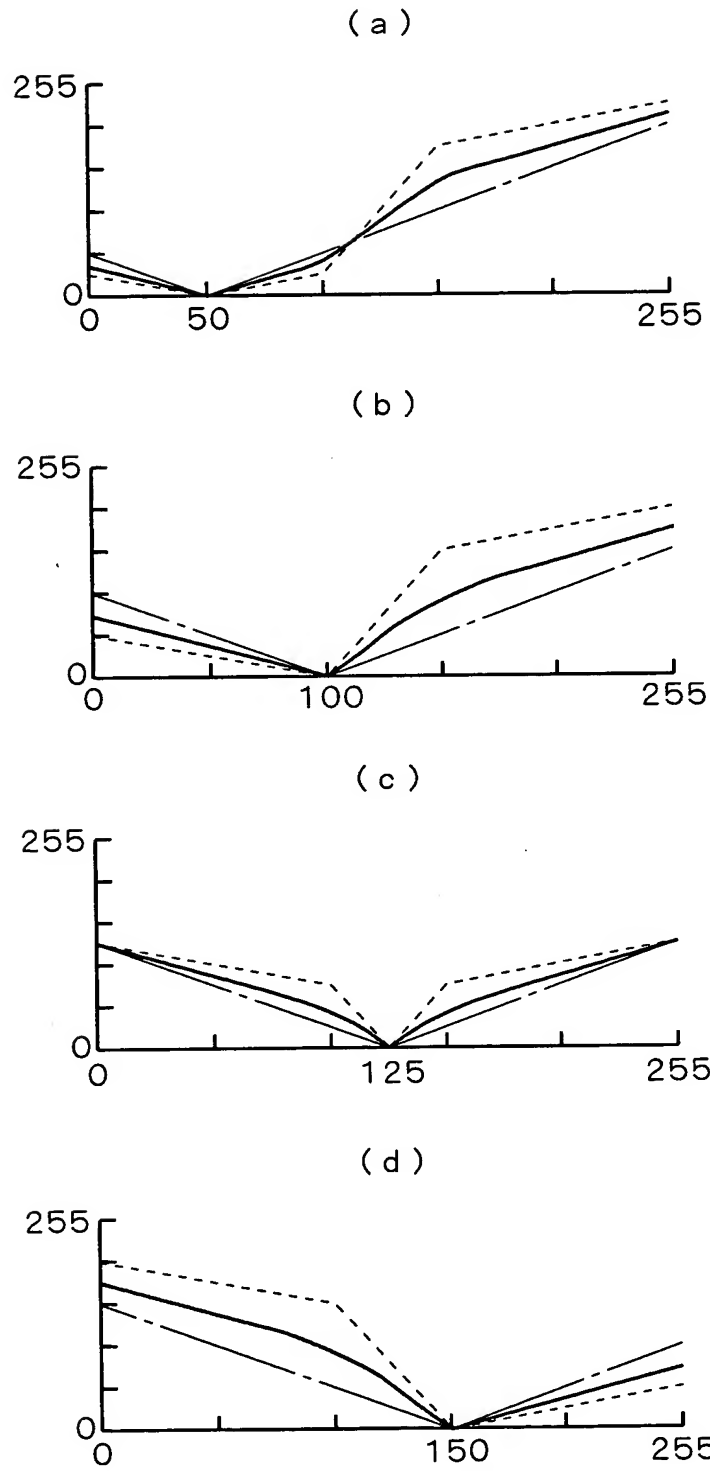
【図 2 3】



【図 2 4】

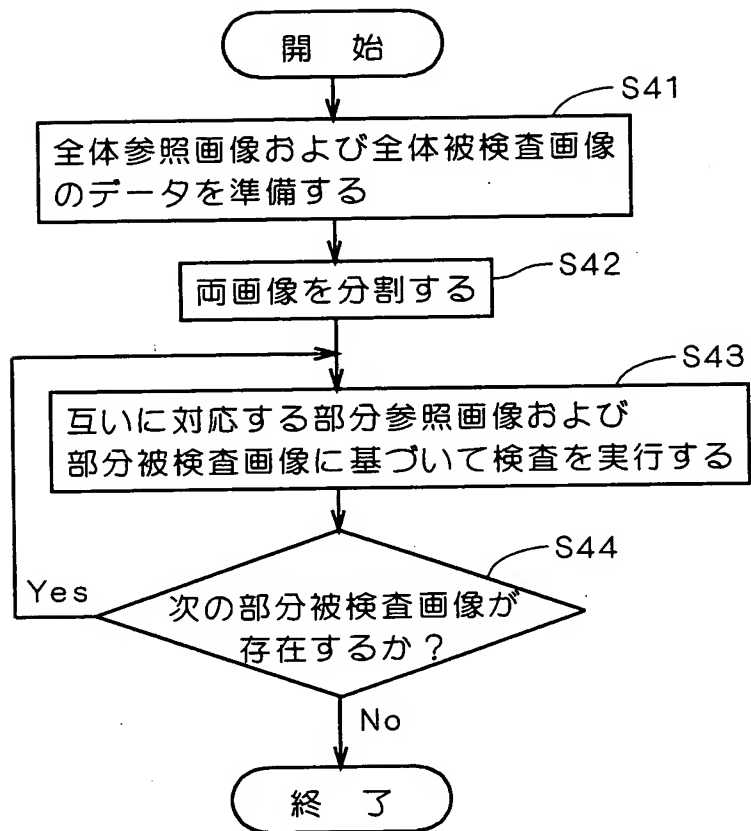


【図 2 5】

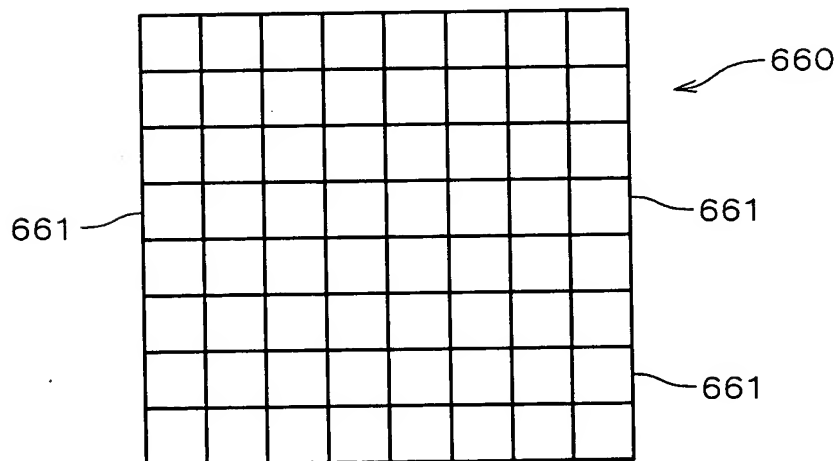




【図 2 6】



【図 2 7】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    基板上のパターンの欠陥を適切に検出する。

【解決手段】    基板上のパターンを示す参照画像および被検査画像を取得し、参照画像の画素値のヒストグラム 6 2 a に基づいて注目画素値範囲 6 3 を設定する。そして、注目画素値範囲 6 3 において傾きが大きい変換曲線 7 1 を求める。被検査画像および参照画像を変換曲線 7 1 にて示される変換特性を有する L U T にて変換し、変換後の被検査画像と変換後の参照画像との強調差分画像を生成し、強調差分画像の画素値を所定のしきい値と比較することにより欠陥画素を検出する。これにより、注目画素値範囲 6 3 の画素値を有する参照画像（または被検査画像）中の画素に対応する強調差分画像中の画素の値が強調され、適切な検査が実現される。

【選択図】            図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000207551]

1. 変更年月日 1990年 8月15日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の  
1

氏 名 大日本スクリーン製造株式会社